



**SKRIPSI – ME141501**

**DESAIN SISTEM PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
DOMESTIK (*GREY WATER*) UNTUK MENGHEMAT  
KEBUTUHAN AIR BERSIH (*NON CONSUMABLE*) PADA  
KAPAL PENUMPANG KM. LABOBAR**

**Samsul Arifin**  
**NRP 4212 100 031**

**Dosen Pembimbing I :**  
Ir. Hari Prastowo, M.Sc.  
NIP : 1965103019911021001

**Dosen Pembimbing II :**  
Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.  
NIP : 196801291992031001

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2016





## **FINAL PROJECT – ME141501**

### **DESIGN OF WASTE WATER TREATMENT SYSTEM (GREY WATER) TO SAVE THE FRESH WATER NEEDS (NON CONSUMABLE) ON PASSENGER SHIP KM. LABOBAR**

Samsul Arifin  
NRP 4212 100 031

#### **Supervisor I :**

Ir. Hari Prastowo, M.Sc.  
NIP : 1965103019911021001

#### **Supervisor II :**

Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.  
NIP : 196801291992031001

DEPARTEMENT OF MARINE ENGINEERING  
Faculty of Marine Technology  
Institut Teknologi Sepuluh nopember  
Surabaya  
2016



## LEMBAR PENGESAHAN

### DESAIN SISTEM PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK (*GREY WATER*) UNTUK MENGHEMAT KEBUTUHAN AIR BERSIH (*NON CONSUMABLE*) PADA KAPAL PENUMPANG KM. LABOBAR

#### SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi *Marine Machinery and System* (MMS)  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**SAMSUL ARIFIN**  
NRP 4212 100 031

Disetujui oleh Pembimbing SKRIPSI :

1. Ir. Hari Prastowo M.Sc.
2. Ir. Alam Baheramsyah M.Sc.



SURABAYA  
JULI, 2016

## LEMBAR PENGESAHAN

### **DESAIN SISTEM PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK (*GREY WATER*) UNTUK MENGHEMAT KEBUTUHAN AIR BERSIH (*NON CONSUMABLE*) PADA KAPAL PENUMPANG KM. LABOBAR**

## SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik

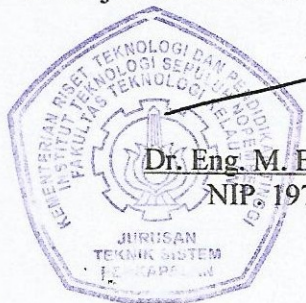
pada

Bidang Studi *Marine Machinery and System* (MMS)  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**SAMSUL ARIFIN**  
NRP 4212 100 031

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan :



Dr. Eng. M. Badruz Zaman ST., M.T

NIP. 19770802200801100

**DESAIN SISTEM PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
DOMESTIK (*GREY WATER*) UNTUK MENGHEMAT  
KEBUTUHAN AIR BERSIH (*NON CONSUMABLE*) PADA  
KAPAL PENUMPANG KM. LABOBAR**

**Nama Mahasiswa** : Samsul Arifin  
**NRP** : 4212 100 031  
**Jurusan** : Teknik Sistem Perkapalan  
**Dosen Pembimbing** : 1. Ir. Hari Prastowo M.Sc.  
2. Ir Alam Baheramsyah M.Sc.

**Abstrak**

Seperti pada umumnya ketersediaan air bersih di kapal yaitu dalam bentuk konvensional, yaitu dengan melakukan pengisian kebutuhan air bersih dalam tangki dari pelabuhan. Melihat dari banyaknya limbah *grey water* yang dihasilkan oleh KM. Labobar dan diiringi dengan banyaknya teknologi seperti kombinasi biofilter anaerob-aerob yang selanjutnya dilakukan penetrasi untuk kebersihan air, maka memungkinkan air keluaran tersebut dapat diolah kembali untuk keperluan *non consumable* sehingga dapat menghemat pengisian air di pelabuhan. Mekanisme sistem ini yaitu limbah *grey water* diendapkan lalu masuk ke pengolahan kombinasi biofilter anaerob-aerob dan selanjutnya dilakukan penetrasi untuk kelayakan air tawar. Pada pengerjaan ini akan membahas spesifikasi apa saja yang dibutuhkan untuk penyusunan sistem tersebut dengan melihat berapa limbah *grey water* yang dihasilkan oleh Kapal. Selain itu menganalisa ekonomi untuk penerapan sistem ini di dalam KM.Labobar. Dari analisa ruangan yang ada pada KM. Labobar cukup dipasang sejumlah 7 pengolah limbah dimana dapat menghasilkan 98 m<sup>3</sup> per harinya. Dan dari analisa ekonomi jika sistem ini diaplikasikan di KM. Labobar *Payback Period* dapat kembali di tahun pertama.

**Kata kunci** : Grey water, Kombinasi biofilter anaerob-aerob, Sistem pengolah limbah





**DESIGN OF DOMESTIC WASTE WATER TREATMENT  
SYSTEM (GREY WATER) TO SAVE THE FRESH WATER  
NEEDS (NON CONSUMABLE) ON PASSENGER SHIP  
KM. LABOBAR**

**Name : Samsul Arifin**  
**NRP : 4212 100 031**  
**Department : Marine Engineering**  
**Supervisor : 1. Ir. Hari Prastowo M.Sc.**  
**2. Ir. Alam Baheramsyah M.Sc.**

**Abstract**

Like general the availability of clean water in the vessel that is made in a conventional system, that is by filling fresh water needs for clean water in tanks from the port. from the amount of grey water waste produced by KM. Labobar with a technologies such as the combination of anaerobic-aerobic biofilter is then performed for the cleanliness of water penetration, it enables the output water can be recycled for non consumable so as to save water filling in the harbor. The mechanism of this system is sedimented waste gray water and into the processing combination of anaerobic-aerobic biofilter and then performed penetration for eligibility freshwater. In this work will discuss the specification of what is needed for the preparation of the system by seeing how waste gray water generated by ship. Besides analyzing the economy to implementation of this system in the KM. Labobar. From the analysis of the existing space in KM. Labobar was enough and waste treatment plant can be installed 7 which can produce 98 m<sup>3</sup> per day. And of the economic analysis if the system is applied in KM. Labobar Payback Period can be back in the first year.

**Key words : Grey Water, Combination of biofilter  
anaerobic-aerobic, piping instalation**



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xix
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Sistem Instalasi Pipa di Kapal .....	5
2.1.1 Sistem instalasi air tawar.....	6
2.2 Deskripsi Sistem Sanitari Air Tawar .....	7
2.3 Pengertian Limbah Domestik .....	9
2.3.1 Limbah <i>Black Water</i> .....	9
2.3.2 Limbah <i>Grey Water</i> .....	9

2.4 Parameter Limbah Cair .....	9
2.4.1 Total padatan tersuspensi .....	10
2.4.2 BOD ( <i>Biological Oxygen Demand</i> ).....	10
2.4.3 COD ( <i>Chemical Oxygen Demand</i> ).....	10
2.5 Persyaratan Kualitas Air.....	11
2.5.1 Persyaratan mikrobiologis.....	11
2.6 Pengolahan Air Limbah.....	11
2.7 Pengolahan Air Limbah Kombinasi Biofilter Anaerob- aerob .....	14
2.8 Tahap Perencanaan Mendesain Kombinasi Biofilter Anaerob-aerob .....	15
2.9 Keseimbangan masa limbah.....	16
2.10 Penggunaan desinfektasi klorinasi .....	17
2.11 Komponen-komponen dalam sistem pengolah limbah ...	18
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>21</b>
3.1 Pengumpulan Data .....	21
3.1.1 Data kapal .....	21
3.1.2 Data tangki fresh water .....	22
3.2 Metodologi .....	22
3.2.1 Identifikasi dan permasalahan masalah.....	24
3.2.2 Studi literatur.....	24
3.2.3 Tipe kapal.....	24
3.2.4 Perhitungan .....	25
3.2.5 Perencanaan sistem .....	25
3.2.6 Analisa dan pembahasan .....	25

3.2.7 Penarikan kesimpulan .....	26
<b>BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>27</b>
4.1 Perhitungan Limbah Grey Water.....	27
4.2 Penentuan Ruangan yang ada di Kapal .....	29
4.2.1 Letak <i>Collected waster water tank (Holding tank)</i> ..	30
4.2.2 Letak <i>Waste water treatment</i> .....	30
4.2.3 Letak Pompa .....	31
4.2.4 Letak Pipa .....	31
4.2.5 Letak tangki penampung hasil .....	32
4.3 Perhitungan Perencanaan .....	32
4.3.1 Analisa debit limbah .....	32
4.3.2 Analisa karakteristik limbah .....	32
4.3.3 Perhitungan perancangan bak penampung.....	33
4.3.4 Perhitungan kesetimbangan masa dan pemilihan spesifikasi treatment.....	34
4.4 Perhitungan Blower untuk Proses Aerob .....	43
4.5 Perhitungan Spesifikasi Grease Trap.....	45
4.6 Perhitungan Spesifikasi Dosing.....	45
4.7 Perhitungan Spesifikasi Pompa .....	46
4.8 Analisa dan Pembahasan Sistem .....	54
4.9 Analisa Ekonomi .....	58
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>69</b>
5.1 Kesimpulan.....	69
5.2 Saran.....	70

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>71</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>73</b>
<b>BIODATA PENULIS .....</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram sistem air tawar.....	6
Gambar 2.2 Pompa air tawar keperluan di kapal .....	8
Gambar 2.3 Tahapan dan fungsi proses pengolahan limbah cair	13
Gambar 2.4 Proses pengolahan kombinasi biofilter anaerob-aerob.....	14
Gambar 2.5 Media biofilter sarang tawon.....	19
Gambar 2.6 Blower untuk aerasi .....	19
Gambar 3.1 Tampak samping KM Labobar.....	21
Gambar 4.1 Tank Plan KM Labobar .....	27
Gambar 4.2 Posisi Tampak Samping Peletakan Tangki .....	28
Gambar 4.3 Peletakan Holding Tank dan Pompa .....	30
Gambar 4.4 Perencanaan posisi waste water treatment dan tangki penampung hasil.....	31
Gambar 4.5 Spesifikasi dimensi water treatment .....	39
Gambar 4.6 Dosing pump .....	56
Gambar 4.7 Desain sistem water treatment di KM Labobar .....	62
Gambar 4.8 Keyplan freshwater, filling & suction system .....	63
Gambar 4.9 Grey water domestic system.....	64
Gambar 4.10 Gabungan keyplan pengolah limbah & filling.....	65
Gambar 4.11 Aliran pipa menuju pengolah limbah .....	66
Gambar 4.12 Tangki klorinasi.....	67





## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesific tank volume .....	22
Tabel 4.1 Volume spesifik baru.....	28
Tabel 4.2 Perbandingan 3 variasi eff penurunan TSS .....	35
Tabel 4.3 Perbandingan 3 variasi eff penurunan BOD.....	35
Tabel 4.4 Perbandingan 3 variasi eff penurunan COD.....	36
Tabel 4.5 Perbandingan 3 variasi eff penurunan N .....	36
Tabel 4.6 Perbandingan 3 variasi eff penurunan P .....	36
Tabel 4.7 Perbandingan berat endapan dari variasi efisiensi.....	37
Tabel 4.8 Perbandingan hasil limbah dari proses sedimentasi ....	37
Tabel 4.9 Beban BOD tiap proses pengolah limbah .....	40
Tabel 4.10 Beban COD tiap proses pengolah limbah .....	40
Tabel 4.11 Beban TSS tiap proses pengolah limbah .....	40
Tabel 4.12 Beban N tiap proses ABR .....	40
Tabel 4.13 Beban P tiap proses ABR.....	41
Tabel 4.14 Nilai kadar limbah setelah proses biofilter anaerob-aerob.....	41
Tabel 4.15 Baku mutu air limbah domestik .....	42
Tabel 4.16 Perbandingan BOD pada efisiensi berbeda .....	43
Tabel 4.17 Perbandingan nilai AOR dengan 3 variasi BOD .....	44
Tabel 4.18 Perbandingan nilai SOTR dengan 3 variasi BOD ....	44
Tabel 4.19 Perbandingan kebutuhan udara dengan 3 variasi BOD .....	45

Tabel 4.20 Biaya instalasi sistem pengolah limbah.....	58
Tabel 4.21 Biaya kebutuhan listrik.....	59
Tabel 4.22 Pengeluaran operasional/tahun.....	59
Tabel 4.23 Biaya maintenance .....	60
Tabel 4.24 Total biaya operasional .....	60
Tabel 4.25 Penghematan air tawar kapal.....	61
Tabel 4.26 Nilai pemasukan yang didapatkan.....	61

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa data yang dilakukan dengan tujuan mengolah kembali air *grey water* dari KM. Labobar, maka dapat disimpulkan :

1. Dari segi alat yang berisi sistem pengolahan limbah hal ini sangat memungkinkan karena dari sisi alat sendiri sudah dalam proses produksi masal sudah banyak dalam masyarakat. Tinggal kita aplikasikan di kapal. Dari sisi ruangan yang tersedia sangat memungkinkan, dari analisa ruangan KM Labobar terdapat banyak ruangan kosong yang bisa digunakan untuk *penginstallan* sistem pengolah ini. Komponen utama yang diperlukan yaitu :

Nama Komponen	Spesifikasi	Jumlah
Holding Tank	Vol: 96,69/Side	2
Pompa Limbah	Q : 5 m <sup>3</sup> /hour H : 10 m	2
Water treatment	Q : 14000l/day	7
Blower	60 l/min	7
Grease Trap	78 l/min	1
Dosing Pump	58 Stroke/min	1
Pipa	Pipa (D=65mm)	102,5 m
	Pipa (D=25mm)	14,8 m
	Pipa (D=125mm)	12,3 m
	Pipa (D=89mm)	48,9 m

2. Dari analisa peletakkan sistem terdapat 7 pengolah limbah kombinasi biofilter anaerob-aerob yang dapat dipasang, dengan demikian didapatkan 98 m<sup>3</sup> air yang

dapat diolah lagi setiap harinya. Yang nantinya dapat digunakan kembali untuk kebutuhan di dalam kapal.

3. Dengan mengaplikasikan sistem pengolah *grey water* ini dapat membuat operasional kapal menjadi berkurang untuk kebutuhan air bersih, dimana dari sistem ini didapatkan sejumlah 980 m<sup>3</sup> air untuk keperluan di kapal. Dari sisi tersebut didapatkan *payback period* dapat kembali di tahun pertama.

### **1.1 Saran**

Dari perhitungan yang telah dilakukan dan interval nilai limbah yang didapatkan dari hitungan perlu dikaji ulang dengan melakukan praktikum pengolahan air limbah untuk mengetahui kadar air limbah. Sehingga akan diketahui lebih jelas air tersebut layak untuk digunakan.

## **Daftar Pustaka**

*Grady, Jr., C.P.L. and Lim, H.C., 1980. Biological Wastewater Treatment, theory and application. Marcel Dekker, Inc. New York and Basel.*

*Suryadiputra, I.N. 1995. Teknologi pengolahan air limbah (Suatu Pengantar). Diktat Kuliah. Fakultas Perikanan. IPB. Bogor.*

*Metcalf and Eddy., 1991. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse, 3rd Eddition. Singapore: McGraw-Hill Book Co*

*Tchobanoglous, G., Burton, F.L.,1991. Advanced Wastewater Treatment. Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, and Reuse. McGraw-Hill. Inc, Singapore, pp. 711-726*

*Anonim. 2010. Buku Diktat Ajar Mekanika Fluida. ([http://mesin.brawijaya.ac.id/diktat\\_ajar/data/10\\_a\\_mekanika\\_fluida.pdf](http://mesin.brawijaya.ac.id/diktat_ajar/data/10_a_mekanika_fluida.pdf)).Jurusa Mesin.Universitas Brawijaya. Malang. Desember, 2015.*

*Sularso dan Tahara, H. 2006. Pompa dan Kompresor. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.*

*Sugiharto. 1987. Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah. Universitas Indonesia. Jakarta.*

*Sutrisno, C Totok, 2000, Teknologi Penyediaan Air Bersih*

## BIODATA PENULIS



Penulis yang bernama lengkap **Samsul Arifin**, Lahir di Lumajang 24 September 1994. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu mulai dari SD Negeri Gesang 01, SMP Negeri 01 Tempeh, dan SMA Negeri Tempeh. Lahir dan besar di kota pisang Lumajang membuat Penulis ingin merantau dan melanjutkan kuliah di Kampus luar Kota, Penulis melanjutkan sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi

Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya pada tahun 2012-2016. Dalam kegiatan akademik penulis terdaftar sebagai member *Marine Machinery and System Laboratory*. Dalam kegiatan non-akademik penulis aktif sebagai anggota Riset dan Teknologi di Himpunan Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan selama dua periode kepengurusan. Dan juga menjadi Ketua METIC (*Marine Technology and Innovation Club*) dan kepanitiaan event jurusan (*Marine Icon*) maupun event kampus (*ITS EXPO*). Dengan berbagai tempaan, bimbingan dan pengalaman dari beberapa dosen, senior, angkatan atas dan sahabat selama menempuh pendidikan di Teknik Sistem Perkapalan ITS, penulis berharap menjadi pribadi tangguh yang bermanfaat bagi keluarga, agama, bangsa, institut serta orang di sekitar.

Kontak penulis : [samsulgeda@gmail.com](mailto:samsulgeda@gmail.com), 081803074675, samsul24



## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

KM Labobar ialah jenis kapal penumpang dengan kapasitas penumpang 3084 orang dan rute pelayaran Surabaya – Jayapura. Kapasitas jumlah penumpang yang besar harus dilengkapi dengan pemenuhan kebutuhan air bersih yang layak untuk penumpang. Maka dari itu dengan penulisan agar dalam kapal ini mempunyai sistem pengolahan limbah domestik *grey water* yang bertujuan mengolah kembali dari limbah untuk menjadi air tawar baku mutu kembali agar dapat digunakan kembali untuk aktifitas penumpang selain untuk makan dan minum (*non consumable*). *Water Treatment* yang biasa digunakan pada umumnya ada 3 yaitu *Physical water treatment plant*, *Biological water treatment plant* dan *Chemical water treatment plant*, pada metode fisikan dengan melakukan pengendapan untuk pemishan kostituen zat terlarut, pengolahan biologi menggunakan bakteri yang digunakan untuk memecah konstituen padat dan pada metode kimiawi menggunakan bahan kimia untuk memecah konstituen padat. Akan dilakukan pemilihan sistem *water treatment* yang paling optimal yang akan dipasang di kapal dengan memperhatikan juga ketersediaan ruangan di kapal, biaya investasi, biaya operasi sekaligus standar mutu dari *water treatment*.

Di sisi lain yang di dapat yaitu dapat memperlambat atau mencegah penurunan kualitas air laut. Karena dengan semakin bertambah dan meningkatnya jumlah kapal dengan segala penumpang dan kegiatannya, maka jumlah air limbah yang dihasilkan oleh kapal juga mengalami peningkatan. Dengan bertambahnya jumlah kapal tersebut maka volume buangan



juga cenderung meningkat. Pencemaran limbah ini jika tidak segera ditangani akan merusak lingkungan perairan.

Sistem air tawar di kapal ini merupakan sistem yang sangat vital, dikarenakan air tawar digunakan untuk kebutuhan mandi, mencuci, serta minum para penumpang dan ABK, pendinginan mesin dan kebutuhan lainnya di kapal. Pada umumnya persediaan air bersih pada kapal niaga dilakukan dengan cara konvensional yaitu dengan melakukan pengisian air bersih pada tangki air tawar dari pelabuhan seperti yang terdapat pada kapal KM. Labobar. Namun dengan dilengkapi teknologi untuk pemenuhan air bersih ini tentu menjadi pilihan jika hal tersebut memenuhi dan dapat meminimalkan operasional.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Perumusan masalah dalam perencanaan tugas akhir ini yaitu bagaimana dalam mendesain pengolahan desain air limbah domestik *grey water* yang dapat membuat penghematan kebutuhan *fresh water* untuk jenis kapal penumpang.

## **1.3 Batasan Masalah**

Untuk membatasi apa saja yang dikerjakan dalam Tugas Akhir ini maka ada batasan masalah yang perlu diperhatikan yaitu :

1. Kapal yang digunakan dalam penyusunan sistem ini yaitu KM. Labobar
2. Pengerjaan ini tidak melakukan praktikum tentang hasil limbah dengan kesesuaian baku mutu, tetapi didapatkan dari literatur yang sudah ada tentang data mengenai sistem dan baku mutu limbah tersebut.

3. Tidak memperhitungkan stabilitas secara detail, tetapi tetap memperhatikan stabilitas dengan meletakkan tangki penambahan secara seimbang.

#### **1.4 Tujuan**

1. Mendesain mekanisme sistem pengolahan air limbah domestik (*grey water*) di KM. Labobar yang efektif dan optimal.
2. Menghemat kebutuhan air bersih (*non consumable*) untuk KM. Labobar
3. Menciptakan sistem pengolah *grey water* yang dapat memperhemat operasional kapal untuk air bersih *non consumable*

#### **1.5 Manfaat**

1. Memberi gambaran sistem pengolahan air limbah domestik (*grey water*) yang dapat digunakan untuk kapal penumpang
2. Sebagai referensi dalam hal perencanaan sistem pengolah air limbah domestik (*grey water*) pada kapal penumpang



## **BAB 2**

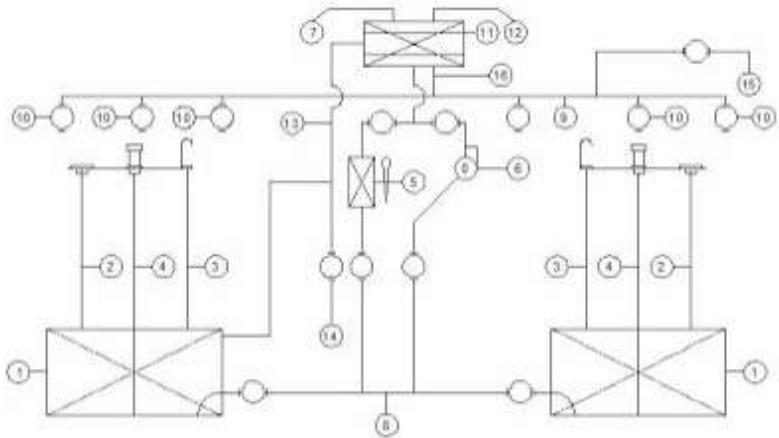
### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Sistem Instalasi Pipa di Kapal**

Sistem instalasi perpipaan merupakan jalur pipa yang berfungsi untuk mengantarkan atau mengalirkan suatu fluida dari tempat ke tempat lain dengan bantuan mesin atau pompa. Sistem perpipaan harus dilaksanakan sepraktis mungkin dan sedikit bengkokan serta sambungan. Sistem perpipaan ini harus bisa ditumpu atau dijepit sedemikian rupa untuk menghindari terjadinya kebakaran yang nantinya akan berakibat pada perubahan kosntruksi atau memperkecil terjadinya hal yang tidak diinginkan. Peletakan pipa yang akan disambungkan dengan pipa perlu diperhatikan, seperti : panjang pipa yang berlebih, susunan yang kompleks, menghindari pipa melalui daerah yang tidak boleh ditembus, menghindari penembusan terhadap struktur kapal, dan sebagainya.

Diagram pipa menggambarkan komponen sistem dan hubungannya dengan yang lain dalam bentuk skematik. Kejelasan diagram pipa sangat penting karena memberikan informasi bermacam-macam fungsi selama perencanaan, pembangunan dan operasional kapal dan memberikan pengertian bagaimana sistem tersebut dapat berjalan dan menerangkan dengan sistem lainnya.

### 2.1.1 Sistem instalasi air tawar



**Gambar 2.1.** Diagram sistem air tawar

- |                      |                       |
|----------------------|-----------------------|
| 1. Tangki persediaan | 9. Pipa pembagi       |
| 2. Pipa pengisian    | 10. Tempat penggunaan |
| 3. Pipa udara        | 11. Heating coil      |
| 4. Sounding pipe     | 12. Pipa udara        |
| 5. Pompa tangan      | 13. Oven flow pipe    |
| 6. Pompa sentrifugal | 14. Katup test        |
| 7. Tangki dinas      | 15. Selang (Hose)     |
| 8. Pipa pengisap     | 16. Pipa utama        |

Sistem air tawar (*Domestic fresh water system*) merupakan salah satu sistem di kapal yang berfungsi untuk memenuhi semua kebutuhan air tawar di kapal yang digunakan untuk makan, minum, mandi, cuci para ABK, pendinginan mesin dan kebutuhan lainnya di kapal. Air yang digunakan adalah air yang bermutu dan sesuai baku mutu, bersih dan menyehatkan sehingga peningkatan kualitas air sangat penting di

kapal. Tangki persediaan (1) dilengkapi dengan sounding pipe (4) dan vent pipe (3) dan diisi melalui pipe pengisian (2) yang menembus geladak. Melalui lubang pemasukan (8), pompa tangan (5) atau pompa centrifugal (6), air minum dialirkan ke tangki dinas (7) yang melengkapi dengan pipa udara (12) dan heating coil (11). Dari tangki dinas (7) air dialirkan melalui pipa utama (16) ke tempat-tempat penggunaan (10). Tangki dinas (7) mempunyai overflow pipe (13) dengan sebuah katup test (14 valve) untuk mengembalikan kelebihan air kembali ke tangki persediaan (1). Hubungan dengan overflow pipa pada cabang pipa dengan test valve (14) yang menuju ke ruangan di mana pompa-pompa dipasang. Sistem ini dapat diisi di pelabuhan melalui selang (15).

## **2.2 Deskripsi Sistem Sanitari Air Tawar**

Sesuai dengan peraturan pemerintah Republik Indonesia nomor 7 tahun 2000 tentang kepelautan (bagian III) pasal 24 ayat (3) bahwa “Air tawar harus tetap tersedia di kapal dengan jumlah yang cukup dan memenuhi standar kesehatan.” Oleh karena itu, pemenuhan kebutuhan air tawar wajib dipenuhi sebelum suatu kapal beroperasi. *Domestic water system* adalah sistem distribusi air bersih (*fresh water*) di dalam kapal yang digunakan oleh ABK dalam memenuhi kebutuhan akan air minum dan memasak, untuk mandi, mencuci dan lain-lain kecuali kebutuhan non kakus. Maka dengan perencanaan sistem yang sama digunakan sistem air laut (*sea water*) yang disuplai ke tiap deck yang memiliki kamar mandi. Kedua sistem pelayanan diatas memiliki dasar kerja yang sama menggunakan pompa otomatis untuk mensuplai fluida ke tangki yang sudah memiliki tekanan (*hydrophore*) yang

disuplai dari sistem udara tekan. Udara tekan ini di desain atau direncanakan memiliki head dan tekanan yang memadai untuk dapat mensuplai air ke tempat-tempat yang dituju, diantaranya kamar mandi, *laundry room galley*, dan *wash basin* adapun hal penting yang harus diperhatikan dan dipertimbangkan dalam mendesain sistem sanitari yaitu toilet dan kamar mandi pada tiap-tiap deck diusahakan satu jalur, untuk tujuan instalasi sederhana dan memudahkan dalam maintenance.

Secara umum dapat dikatakan bahwa sistem layanan air tawar harus terdapat komponen seperti tangki, pompa dan tangki *hydrophore*, dimana pompa tersebut distart dan distop pada saat pengisian *hydrophore* secara otomatis karena pendeteksian berkurangnya tekanan pada tangki. Adapun sistem air tawar ini terdiri sistem air minum, sistem air tawar, sistem pemanas air. Sistem ini menggunakan dua buah pompa sentrifugal berpenggerak elektromotr dimana 1 (satu) stand by.



**Gambar 2.2.** Pompa air tawar keperluan di kapal  
*Sumber : KM. Labobar*

## 2.3 Pengertian Limbah Domestik

Limbah cair domestik yaitu buangan dari aktifitas penumpang di kapal yang berasal dari kamar mandi, mesin cuci, dapur dan peralatan lain yang menggunakan air. Dari limbah domestik sendiri yaitu dibagi menjadi dua macam jenis limbah. Yaitu *black water* & *grey water* limbah tersebut dibedakan karena mempunyai kandungan pencemar yang beda. Untuk *black water* tidak boleh langsung dibuang harus ada treatment dulu untuk dapat dibuang ke lautan. Untuk *grey water* dapat langsung dialirkan ke lautan untuk dibuang.

### 2.3.1 Limbah *black water*

Limbah *black water* yaitu bagian dari limbah domestik yang sumbernya dari toilet. Untuk dapat dibuang harus mematuhi peraturan Marpol dan tidak boleh langsung dibuang ke lautan.

### 2.3.2 Limbah *grey water*

Limbah *grey water* merupakan bagian dari limbah cair domestik yang proses pengalirannya atau sumbernya bukan dari toilet, misalnya seperti air bekas mandi, air bekas mencuci pakaian, dan air bekas cucian dapur. Volume dari *grey water* yaitu sekitar 60-80% dari total volume kebutuhan air bersih akan menjadi limbah cair domestik (Metcalf, 1991). Bagian dari *grey water* adalah sekitar 75% dari total volume limbah cair domestik (Hansen & Kjellerup (1994), dikutip dari Eriksson et al(2001)). Dalam penanganan *grey water* di kapal-kapal saat ini yaitu langsung dibuang ke saluran drainase tanpa pengolahan sebelumnya.

## 2.4 Parameter Limbah Cair

Keadaan limbah cair ini jika tidak diolah secara baik dan langsung dibuang ke lingkungan tentu akan berpengaruh terhadap lingkungan, parameter yang harus diperhatikan dalam limbah cair antara lain :



#### **2.4.1 Total Padatan Tersuspensi**

Dalam air limbah terdapat dua kelompok zat, yaitu zat padat terlarut dan zat padat tersuspensi. Zat padat dalam bentuk suspensi menurut ukurannya dibedakan menjadi partikel tersuspensi koloidal (partikel koloid) dan partikel tersuspensi biasa (tersuspensi). Zat padat koloidal dan zat padat tersuspensi dapat berupa zat anorganik seperti tanah liat, pasir dan zat organik seperti protein dan sisa makanan. Di dalam air limbah, partikel koloid merupakan penyebab kekeruhan limbah. Oleh sebab itu kekeruhan dan padatan tersuspensi mempunyai kaitan yang erat dan saling mempengaruhi satu dengan yang lain. Zat padat tersuspensi dapat diklasifikasi menjadi zat padat terendap, yaitu zat padat dalam bentuk tersuspensi yang bila keadaan tenang dapat mengendap setelah waktu tertentu karena pengaruh beratnya.

#### **2.4.2 BOD (Biological Oxygen Demand)**

Adalah suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik (Umayal dan Cuvin, 1988; Metcalf & Eddy, 1991). Ditegaskan lagi oleh Boyd (1990), bahwa bahan organik yang terdekomposisi dalam BOD adalah bahan organik yang siap terdekomposisi (readily decomposable organic matter).

#### **2.4.3 COD (Chemical Oxygen Demand)**

Chemical Oxygen Demand adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air (Boyd,

1990). Hal ini karena bahan organik yang ada sengaja diurai secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat kalium bikromat pada kondisi asam dan panas dengan katalisator perak sulfat (Boyd, 1990; Metcalf & Eddy, 1991), sehingga segala macam bahan organik, baik yang mudah urai maupun yang kompleks dan sulit urai, akan teroksidasi.

## **2.5 Persyaratan Kualitas Air**

### **2.5.1 Persyaratan mikrobiologis**

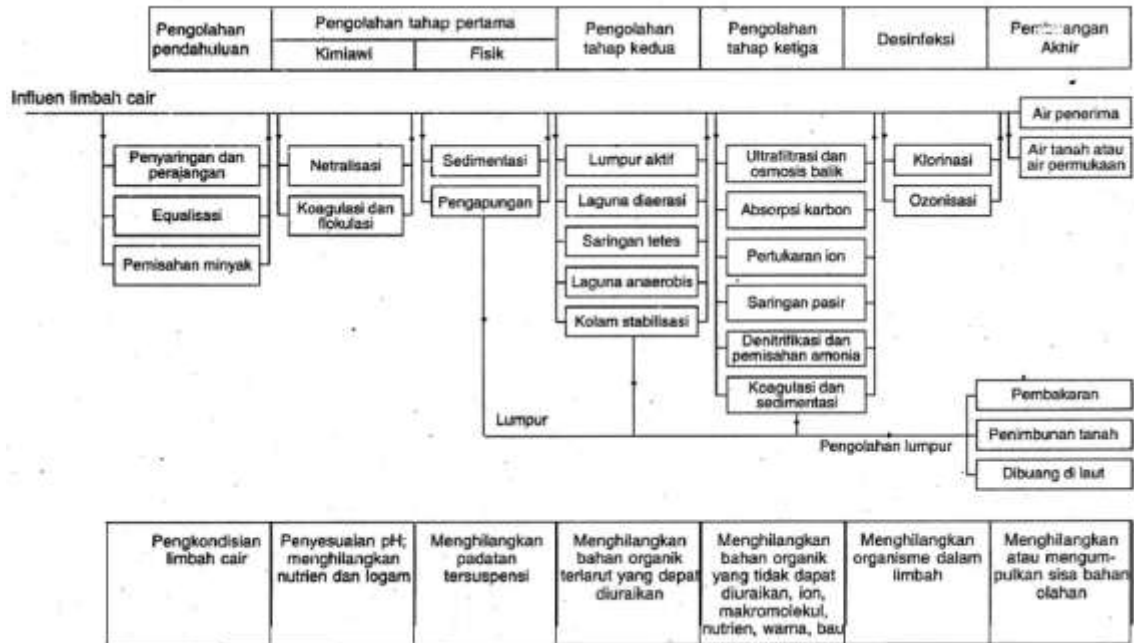
Persyaratan mikrobiologis yang harus dipenuhi oleh air adalah sebagai berikut :

1. Tidak mengandung bakteri patogen, misalnya bakteri golongan coli. Kuman-kuman ini mudah tersebar melalui air
2. Tidak mengandung bakteri non patogen seperti Actinomycetes, Phytoplankton coliprfm, cladocera dll. (Sujudi 1995)
  - a. COD
  - b. BOD

## **2.6 Pengolahan Air Limbah**

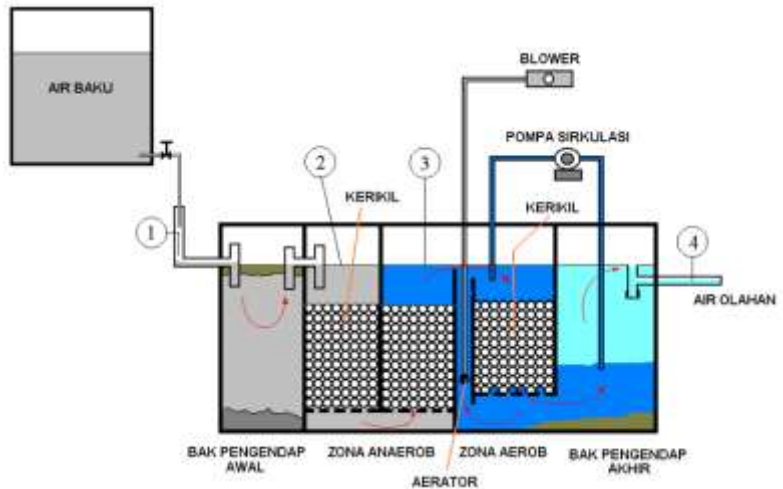
Pengelolaan limbah adalah kegiatan terpadu yang meliputi kegiatan pengurangan (*minimization*), segregasi (*segregation*), penanganan (*handling*), pemanfaatan dan pengolahan limbah. Pengolahan air limbah biasanya menerapkan 3 tahapan proses yaitu pengolahan pendahuluan (*pre-treatment*), pengolahan utama (*primary treatment*), dan pengolahan akhir (*post treatment*). Pengolahan pendahuluan ditujukan untuk mengkondisikan alitan, beban limbah dan karakter lainnya agar sesuai untuk masuk ke pengolahan utama. Pengolahan utama adalah proses yang dipilih untuk menurunkan pencemar utama dalam air limbah. Selanjutnya pada pengolahan akhir dilakukan proses lanjutan untuk mengolah limbah agar sesuai dengan baku mutu yang

ditetapkan. Mengapa mengalami banyak proses dalam pengolahan limbah karena jika hasil limbah yang dikeluarkan tidak mengalami proses pengolahan terlebih dahulu maka akan menyebabkan kerugian-kerugian pada lingkungan sekitar termasuk air laut dan tanah disekitar, jika pengolahan ini efisien dan sesuai baku mutu maka air limbah domestik tersebut dapat digunakan kembali untuk kegiatan di kapal, kecuali *non consumable*.



**Gambar 2.3.** Tahapan dan fungsi proses pengolahan limbah cair  
(Sumber : Soeparman 2002)

## 2.7 Pengolahan Air Limbah Kombinasi Biofilter Anaerob-aerob



**Gambar 2.4.** Proses pengolahan kombinasi biofilter anaerob-aerob

*Sumber : PPT Teknik Lingkungan*

Air limbah dari Kapal yang akan diolah dikumpulkan dari beberapa kegiatan seperti mandi, cuci dengan cara mengalirkannya melalui pipa PVC. Jenis air limbah yang diolah yakni seluruh air limbah dalam kapal yang berasal dari air bekas cucian, buangan dapur. Air limbah dialirkan ke alat pengolahan melalui lubang pemasukan (inlet) masuk ke ruang (bak) pengendapan awal. Selanjutnya air limpasan dari bak pengendapan awal air dialirkan ke zona anaerob. Zona anaerob tersebut terdiri dari dua ruangan yang diisi dengan media dari bahan plastik sarang tawon untuk pembiakan mikroba. Pada zona anaerob pertama air limbah mengalir dengan arah aliran dari atas ke bawah, sedangkan pada zona anaerob ke dua air limbah mengalir dengan arah

aliran dari bawah ke atas. Selanjutnya air limpasan dari zona anaerob ke dua mengalir ke zona aerob melalui lubang (weir). Di dalam zona aerob tersebut air limbah dialirkan ke unggun media plastik sarang tawon dengan arah aliran dari bawah ke atas, sambil dihembus dengan udara. Air limbah dari zona aerob masuk ke bak pengendapan akhir melalui saluran yang ada di bagian bawah. Air limbah yang ada di dalam bak pengendapan akhir tersebut disirkulasikan ke zona anaerob pertama, sedangkan air limpasan dari bak pengendapan akhir tersebut merupakan air hasil olahan dan keluar melalui lubang pengeluaran, selanjutnya masuk ke bak kontakor khlor agar membunuh sisa-sisa bakteri disana agar membuat air olahan dapat digunakan dalam konsumsi kembali (*Non Consumable*).

## 2.8 Tahap Perencanaan mendesain Kombinasi Biofilter Anaerob-Aerob

Volume dihitung berdasarkan waktu tinggal yang akan digunakan dalam perencanaan periode desain. Perhitungan besarnya volume reaktor sama dengan perhitungan tangki septik konvensional. Volume ABR dihitung berdasarkan rumus berikut (Sasse dalam Mubarak, 2008) :

$$V = Q \times td$$

Keterangan :

V	= Volume reaktor	m <sup>3</sup>
Q	= Debit air limbah	l/detik
td	= Waktu tinggal	hari

Sedangkan untuk menghitung lebar, bukan outlet dapat menggunakan rumus :

$$A = Q/v$$

Keterangan :

A = Luas Outlet  $\text{m}^2$   
 Q = Debit air limbah l/detik  
 v = Kecepatan aliran m/jam

Rancangan dimensi tangki menurut (Sasse dalam Mubarak,2008) adalah sebagai berikut :

1. Rasio panjang terhadap lebar adalah 2:1 sampai 1:3
2. Tinggi tangki adalah tinggi air dalam tangki ditambah *freeboard*

Untuk memberikan distribusi air limbah yang bagus dan merata, rancangan dimensi tiap ruangan ABR adalah sebagai berikut :

1. Rasio panjang dan tinggi tiap ruangan adalah 0,13-0,24 m
2. Kecepatan aliran keatas (*up flow*) adalah 0,5-1,5 m/jam

Pada keadaan debit maksimum kecepatan keatas adalah 3m/jam

3. Pembebanan organik adalah  $<3\text{-}4 \text{ kg/m}^2/\text{hari}$

## 2.9 Kesetimbangan masa limbah

**Tabel 2.1** Efisiensi removal tiap unit

Proses Pengolahan	Efisiensi Removal (%)				
	BOD	COD	TSS	N	P
Sumur Pengumpul*	-	-	-	-	-
Bar Screen*	-	-	-	-	-
Grit Chamber	0-5*	0-5*	0-10*	-	-
Bak Equalisasi	-	-	-	-	-
Sedimentasi I	30-40 <sup>b</sup>	30-40 <sup>b</sup>	50-65 <sup>b</sup>	10-20 <sup>b</sup>	10-20 <sup>b</sup>
Oxidation Ditch	80-95 <sup>b</sup>	80-90 <sup>b</sup>	70-90 <sup>b</sup>	75-85 <sup>b</sup>	90
Rotating Biological Contactor	96 <sup>a</sup>	85 <sup>c</sup>	95 <sup>a</sup>	97 <sup>a</sup>	-
Sequencing Batch Reaktor (SBR)	89-90 <sup>d</sup>	96 <sup>c</sup>	85-97 <sup>d</sup>	87 <sup>c</sup>	90 <sup>c</sup>
Bak Pengendap II (BP II)	-	-	-	-	-
Sludge Drying Bed (SDB)*	-	-	-	-	-
Nitrifikasi	80-95 <sup>b</sup>	80-90 <sup>b</sup>	70-90 <sup>b</sup>	75-85 <sup>b</sup>	-

Sumber :

- a. *Metcalf and Eddy, Wastewater Engineering Treatment, Disposal and reuse third Edition, 1991*
- b. *Qasim, Wastewater Treatment Unit Operations and Processes, 1985*
- c. *Kargi, F Hydraulic Residence Time Effects in Biological Nutrient Removal Using Five-step*
- d. *US-EPA, Sequencing batch reactors for nitrification and nutrient removal, 1992*
- e. *Prashant a. Kadu, 2013*
- f. *A.H Ghawi, 2009*
- g. *Abdel Kader, 2012*
- h. *Abraham pano, 1981*

Dalam melakukan perhitungan degradasi limbah maka berpacuan dengan nilai tabel diatas. Sehingga setiap proses yang terjadi pada treatment maka terdegradasi sesuai nilai tabel diatas.

## **2.10 Penggunaan Desinfeksi Klorinasi**

Klorinasi merupakan salah satu bentuk pengolahan air yang bertujuan untuk membunuh kuman dan mengoksidasi bahan-bahan kimia dalam air. Klorinasi (chlorination) adalah proses pemberian klorin ke dalam air yang telah menjalani proses filtrasi dan merupakan langkah yang maju dalam proses purifikasi air. Klorin ini banyak digunakan dalam pengolahan limbah industri, air kolam renang, dan air minum di negara-negara sedang berkembang karena sebagai desinfektan, biayanya relatif murah, mudah, dan efektif. Senyawa-senyawa klor yang umum digunakan dalam proses klorinasi, antara lain, gas klorin, senyawa hipoklorit, klor dioksida, bromine klorida, dihidroisosianurate dan kloramin. Bentuk bentuk klorin di pasaran: Liquid/gas –  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ,  $\text{NaOCl}$ . Cara kerja dari Chlorine Contact chamber adalah air yang berasal dari bak penjernih (clarifier) akan mengalami klorinasi atau



desinfeksi, dimana air yang masuk secara overflow ke dalam bak klorinasi, kemudian chlorine metering pump akan memompakan larutan klorin ke dalam bak klorinasi.

Prinsip-prinsip pemberian klorin

1. Air harus jernih karena kekeruhan tidak keruh karena kekeruhan pada air akan menghambat klorinasi
2. Kebutuhan klorin harus diperhitungkan secara cermat agar dapat dengan efektif mengoksidasi bahan-bahan organik dan dapat membunuh kuman patogen dan meninggalkan sisa klorin.

## **2.11 Komponen-komponen dalam sistem pengolah limbah**

Dalam mengolah limbah tentu harus ada kesatuan sistem yang terdiri dari beberapa komponen yang akan menunjang kerja dari sistem. Berikut yaitu beberapa komponen utama yang perlu kita susun, antara lain :

1. Pipa
2. Holding Tank
3. Pengolah Limbah
  - a. Pompa sirkulasi
  - b. Blower
  - c. Biofilter
4. Pompa
5. Blower
6. Tangki penampungan akhir



**Gambar 2.5.** Media Biofilter Sarang Tawon



**Gambar 2.6.** Blower untuk aerasi



## BAB 3

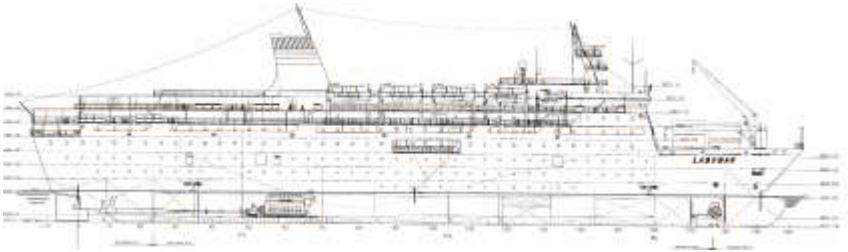
### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan untuk Tugas Akhir ini yaitu rencana umum kapal yang digunakan untuk mengetahui dimensi kapal dan dimensi ruang yang akan digunakan dalam penyusunan serangkaian sistem ini.

##### 3.1.1 Data Kapal

Data Kapal yang akan dianalisa dalam skripsi ini adalah data kapal penumpang PELNI dengan data sebagai berikut :



**Gambar 3.1.** Tampak samping KM. Labobar

*Sumber : KM. Labobar*

Name of ship	: KM. Labobar	
Length O.A	: 146,5	m
Length between PP	: 130	m
Breadth Moulded	: 23,4	m
Depth Moulded	: 13,4	m
Draught Moulded	: 5,90	m
Design Speed	: 22,4	Knots
Deadweight	: 3350	Tons
Gross Tonnage	: 15.200	GT

Total Pax	: 3084	Persons
Jarak Pelayaran	: 2196	Nm
Lama berlayar & labuh	: 10	hari

### 3.1.2 Data Tangki Fresh Water

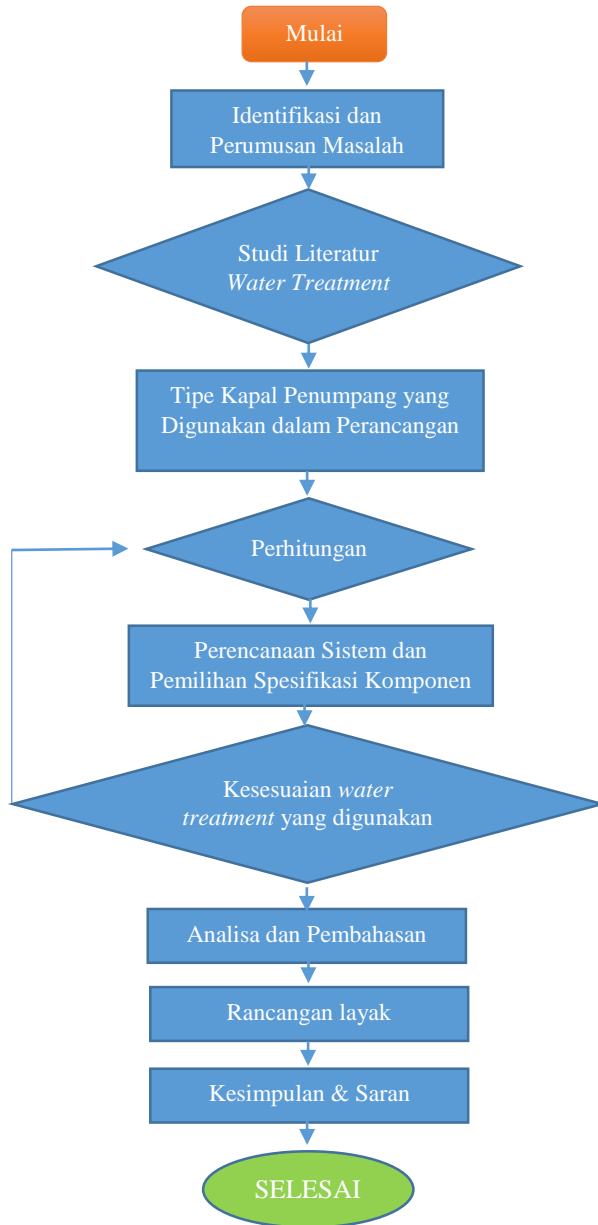
**Tabel 3.1.** Spesific Tank Volume  
(Sumber : KM. Labobar)

Kode	Name	Volume
T4	FW Tank 31 P	119,83
T5	FW Tank 31 S	119,83
T6	FW Tank 31 C	171,98
T9	FW Tank 50 C	367,34
T43	FW Tank 111 P	221,58
T44	FW Tank 111 S	221,58
T42	FW Tank 111 C	242,59
Total		1464,92

Data tangki *fresh water* digunakan dalam penentuan berapa konsumsi dari KM. Labobar selama perjalanan, sehingga dapat menentukan berapa limbah yang dihasilkan selama Kapal Berlayar.

## 3.2 Metodologi

Dalam menyusun tugas akhir kita harus mempunyai langkah-langkah yang akan kita gunakan dalam pengerjaan. Dalam melakukan pengerjaan ini dilakukan dengan metode perhitungan dan desain. Fungsi dari kegiatan tersebut ialah memudahkan kita dalam melakukan urutan pekerjaan apa yang harus kita kerjakan.



Berikut adalah metodologi penulisan yang berisi langkah langkah penulisan dan penyusunan tugas akhir sesuai flowchart di bab 3.1 diatas :

### 3.2.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Melakukan pengamatan masalah yang terjadi sebagai objek penelitian. Permasalahan yang terjadi dalam penulisan tugas akhir ini adalah bagaimana cara mendesain menyusun sistem *water treatment* yang efektif untuk pengolahan pada kapal Labobar untuk menghemat kebutuhan air bersih dengan mengolah kembali limbah *grey water*. Disisi lain Hal ini perlu mengetahui berapa banyak limbah yang dihasilkan oleh kapal yang dilakukan bahan studi. Selain itu yaitu menganalisa ruangan-ruangan yang tersedia di dalam KM. Labobar.

### 3.2.2 Studi literatur

Studi literatur yang dilaksanakan adalah mencari berbagai referensi yang berhubungan dengan *water treatment* baik melalui hasil tugas akhir, jurnal, paper maupun melalui internet. Hal ini bertujuan untuk dapat menjadi referensi bentuk *water treatment* yang manakah yang paling efektif dan cocok untuk kapal penumpang. Selain itu yaitu studi literatur untuk desain instalasi perpipaan proses sistem pengolah limbah.

### 3.2.3 Tipe Kapal

Perencanaan sistem disini yaitu kita dapat membuat/ menyusun sementara komponen apa saja yang diperlukan dalam penyusunan sistem ini untuk

kapal penumpang. Sehingga nanti akan kita dapatkan berapa jumlah limbah yang dihasilkan dan bisa menentukan spesifikasi dari sistem. Hal tersebut dapat dilihat dari kondisi ruangan dalam kapal.

#### 3.2.4 Perhitungan

Perhitungan ini kita lakukan setelah kita mengetahui tipe kapal, dan khususnya jumlah air yang dikeluarkan oleh tipe kapal tersebut. Perhitungan ini dilakukan juga untuk melakukan pendekatan terhadap kadar limbah yang didegradasi tiap proses treatment. Dan menghitung spesifikasi apa saja yang dibutuhkan oleh sistem tersebut. Sehingga nanti akan didapatkan spesifikasi yang kompleks untuk sistem pengolah ini.

#### 3.2.5 Perencanaan sistem

Setelah kita mempelajari beberapa referensi diatas maka akan kita rencanakan bagaimanakah sistem yang akan kita susun, dan pemilihan spek yang dibutuhkan berdasarkan hasil perhitungan yang telah kita lakukan.

#### 3.2.6 Analisa dan Pembahasan

Analisa yang dilakukan yaitu bagaimana jalannya sistem yang kita susun, mencari berbagai kemungkinan yang bisa terjadi di sistem dengan menganalisa sistem kerjanya melalui gambar desain sistem. Menganalisa tentang keefekifan sistem tersebut jika dipasang pada kapal penumpang. Menganalisa ketersediaan ruangan sistem tersebut dalam kapal. Dan melakukan analisa ekonomi jika sistem tersebut diaplikasikan.



### 3.2.7 Penarikan kesimpulan

Melakukan penarikan kesimpulan atas berbagai analisa yang telah dilakukan dan masih bersifat sementara. Karena tidak menutup kemungkinan untuk dilakukan penyempurnaan terhadap desain *water treatment plant system*.

## ANALISA & PEMBAHASAN

Dari Tank Plan diatas diketahui spesifikasi dari masing-masing tangki melihat dari Tank Plan Capacity sebagai berikut :

**Tabel 4.1.** Spesific New Tank Volume

Kode	Name	Volume
T4	FW Tank 31 P	119,83
T5	FW Tank 31 S	119,83
T6	FW Tank 31 C	171,98
T9	FW Tank 50 C	367,34
T43	FW Tank 111 P	221,58
T44	FW Tank 111 S	221,58
T42	FW Tank 111 C*	121,3
Total		1343,44

\*Dikarenakan tangki 111 C dibagi dan dimanfaatkan untuk penampungan akhir.

*Grey Water* merupakan bagian dari limbah cair domestik yang proses pengalirannya tidak melalui toilet, misalnya seperti air bekas mandi, air bekas mencuci pakaian, dan air bekan cucian dapur. Sekitar 60-85% dari total volume kebutuhan air bersih akan menjadi limbah cair domestik (Metcalf, 1991). Bagian *grey water* adalah sekitar 75% dari total volume limbah cair domestik (Hansen & Kjellerup (1994), dikutip dari Eriksson et al (2001)).

Maka dari pernyataan diatas dapat kita hitung limbah *grey water* dengan jumlah air bersih yang terdapat dalam kapal, dimana :

Volume total air tawar : 1343,44 m<sup>3</sup>

Volume limbah domestik: Diambil nilai 75% (60-85%)

: 75% x 1343,44

: 1007,58 m<sup>3</sup>

Karena dalam kasus ini merupakan permasalahan di kapal, maka nilai *grey water* volumenya sama dengan nilai limbah domestik. Hal ini dikarenakan untuk kebutuhan air bersih untuk kakus yang menghasilkan limbah *black water* di kapal menggunakan sistem air laut.

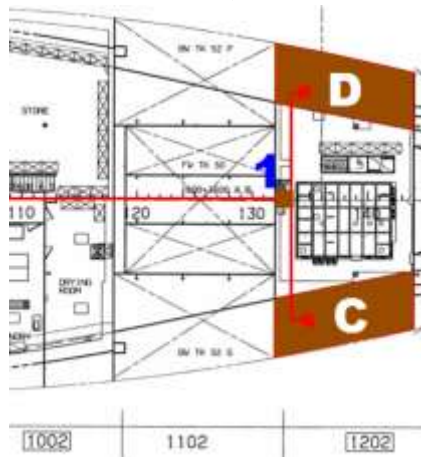
Volume *grey water* :  $10007,58 \text{ m}^3$

Sehingga volume diatas yaitu volume limbah *grey water* yang dihasilkan oleh kapal selama kapal melakukan pelayaran selama 10 hari.

Maka limbah *grey water* yang dihasilkan kapal per hari untuk rata-rata dapat dibagi limbah diatas selama berlayar, jadi volume/hari :  $100,758 \text{ m}^3$ .

#### 4.2 Penentuan Ruang yang ada di Kapal

Dari semua jenis peralatan/komponen tersebut tentulah memerlukan volume ruangan di dalam kapal, tentu kita harus menganalisa ruangan kosong yang dapat kita gunakan dalam menyusun sistem tersebut, dimana antara lain :



**Gambar 4.3.** Peletakan Holding Tank dan Pompa

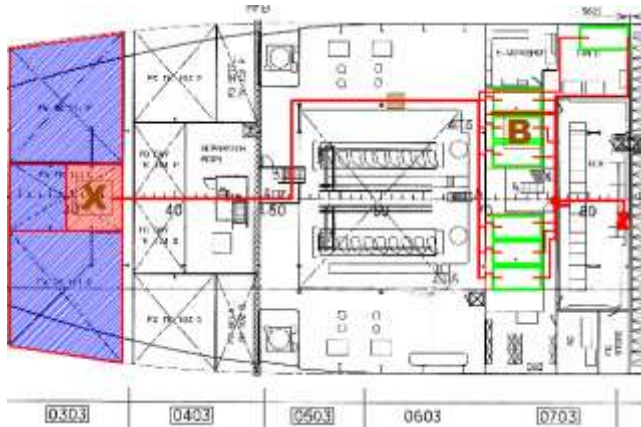
*Sumber : GA KM. Labobar*

#### **4.2.1 Letak *Collected waste water/ holding tank***

Komponen pertama yaitu *holding tank* dimana tangki tersebut harus diletakkan di bawah dek yang bebas dari ruangan penumpang ataupun dek yang tidak ada aktifitas yang merujuk terjadinya limbah. Karena diharapkan air limbah yang mengalir ke *holding tank* secara gravitasi, sehingga tanpa memerlukan pompa. Maka dari analisa KM Labobar terdapat ruangan yang dapat digunakan untuk konstruksi tangki diatas *double bottom* yang kosong PS&SB pada frame 132-144. Dari analisa gambar tersebut dapat dihitung bahwa pembuatan tangki tersebut mempunyai nilai volume sebesar 104,12 (PS & SB).

#### **4.2.2 Letak *Waste Water Treatment***

Memerlukan komponen utama dalam pengolahan limbah dari kapal yang dalam penginstallan memerlukan space yang paling besar dari komponen yang lain. Maka setelah itu yang perlu kita lakukan pertama yaitu penganalisaan *General Arrangement* yang ada di KM Labobar dengan menyesuaikan di dalam Kapal yang Sudah ada. Maka dari itu berikut merupakan ruangan-ruangan yang mempunyai space cukup besar dalam Kapal dan analisa berapa luas ruangan di kapal.



**Gambar 4.4.** Perencanaan posisi *waste water treatment* dan Tangki penampung hasil beserta alur pipa

*Sumber : GA KM. Labobar*

### 4.2.3 Letak Pompa

Pompa yang dibutuhkan yaitu untuk mengalirkan fluida cair dalam bentuk air, maka dalam instalasi dapat dipilih pompa jenis sentrifugal. Pompa agar diletakkan di posisi dekat suction (Holding tank) dengan tujuan memperkecil nilai NPSH. Pompa harus diletakkan pada posisi yang jauh dari lalu lalang manusia tetapi mudah dijangkau ABK dan mudah dalam *maintenance*. Pompa berada pada Gambar 4.3 ditandai dengan angka 1.

#### 4.2.4 Letak Pipa

Pipa merupakan media yang dilalui oleh fluida yang ditransfer oleh pipa dari komponen komponen lain. Jenis pipa harus ditentukan dengan karakteristik fluida. Panjang pipa ini ditentukan oleh letak komponen per komponen mulai start-finish. Setelah

dianalisa lewat komponen per komponen dapat di GA maka dapat digambarkan bentuk penampang pipa dari pandangan samping dan atas. Gambar penampang pipa dari samping digambarkan pada gambar 4.2.

Dari analisa gambar panjang di atas, didapatkan panjang sebenarnya dari perencanaan holding tank ke *waste water treatment* yaitu 71,4 m. Dan dari *waste water treatment* ke FW yaitu 40,4 m. Nilai panjang diatas yaitu nilai salah satu pipa terpanjang yaitu berfungsi untuk menentukan nilai head dari pompa. Sehingga akan diketahui berapa nilai H dari pompa tersebut.

#### **4.2.5 Letak Tangki Penampung Hasil**

Setelah limbah *grey water* mengalami proses pengendapan, treatment, selanjutnya air limbah hasil ini ditampung untuk dilakukan proses klorinasi, digunakan untuk menghilangkan bakteri patogen dan air layak dikonsumsi dengan dosis klorin yang sesuai. Untuk gambar dijelaskan pada gambar 4.4.

### **4.3 Perhitungan Perencanaan**

#### **4.3.1 Analisa debit limbah**

Setelah dilakukan perhitungan diatas dari sejumlah kebutuhan *fresh water* di kapal didapatkan nilai limbah *grey water* sebagai berikut :

Debit limbah	: 100,758	m <sup>3</sup> /hari
Debit limbah	: 1,166	l/detik

#### **4.3.2 Analisa karakteristik air limbah**

Analisa karakteristik air limbah dilakukan untuk mengetahui karakteristik air limbah yang dihasilkan oleh KM. Labobar sehingga direncanakan metode

pengolah limbah *grey water*. Berdasarkan KM Negaara Lingk. Hidup Nomor 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

Maka dilakukan pengumpulan data untuk beberapa parameter yaitu pH, TSS, BOD dan COD yang telah didapatkan dari penelitian sebelumnya, yaitu :

Nilai pH berkisar : 4,5 - 7

Nilai BOD berkisar: 195 – 930 mg/l

Nilai COD berkisar: 290 – 4290 mg/l

Nilai TSS berkisar : 160 – 480 mg/l

Desain unit pengolah air limbah yang dihasilkan KM Labobar diharapkan terjadi penyisihan parameter di unit bak penampung dan bak Pengolah Limbah. Untuk unit bak penampung didesain untuk waktu tinggal 24 jam dan diharapkan terjadi penyisihan TSS 60%, BOD&COD 40%. Setelah itu pada pengolahan selanjutnya, yaitu unit bak ABR terjadi penyisihan parameter dengan efisiensi masing-masing dari ketiga parameter adalah 80% untuk TSS, 95% untuk BOD dan COD (*Tchonobanoglous, et al 2003*).

Asumsi karakteristik Limbah *Grey Water* untuk KM Labobar :

Nilai pH : 6,5

Nilai COD : 290 mg/l

Nilai BOD : 250 mg/l

Nilai TSS : 200 mg/l

Nilai N : 40 mg/l

Nilai P : 8 mg/l

#### **4.3.3 Perhitungan perancangan bak penampung**

Nilai volume tersebut disesuaikan dengan kondisi ruangan/*space* di kapal sesuai analisa ruangan yang



dapat digunakan di sub bab diatas, dimana terdapat volume untuk hoding tank sebesar  $96,69 \text{ m}^3$ . Sehingga dari limbah diatas tidak dapat ditampung semua, ada sejumlah volume yang terbuang yaitu  $4,068 \text{ m}^3$ .

#### **4.3.4 Perhitungan kesetimbangan massa & spesifikasi treatment**

Untuk menghitung kesetimbangan massa berdasarkan tabel 2.1. Diketahui debit limbah yang dapat ditampung oleh holding tank yaitu  $96,69 \text{ m}^3/\text{hari}$ . Maka sejumlah volume ini lah yang akan berlanjut ke pengolahan selanjutnya yaitu proses pengolah limbah secara Kombinasi Biofilter Anaerob-Aerob.

Kandungan karakteristik unsur-unsur dalam limbah saat berada pada holding tank/ tangki sedimentasi dapat kita analisa dengan 3 skenario, yaitu apabila desain penampung bekerja dengan sangat baik, dengan sedang, ataupun bekerja dengan sangat buruk, Maka dapat ditentukan beban dari limbah sebelum proses apapun yaitu :

Q limbah :  $96,69 \text{ m}^3/\text{hari}$

:  $1,119 \text{ l/s}$

BOD inf : Beban BOD x Flow rate

:  $279,76 \text{ mg/s}$

:  $24,172 \text{ kg/day}$

COD inf : Beban COD x Flow rate

:  $324,51 \text{ mg/s}$

:  $28,04 \text{ kg/day}$

TSS inf : Beban TSS x Flow rate

:  $223,814 \text{ mg/s}$

$$\begin{aligned}
 & : 19,337 \quad \text{kg/day} \\
 \text{N inf} & : \text{Beban N x Flow rate} \\
 & : 44,76 \quad \text{mg/s} \\
 & : 3,8675 \quad \text{kg/day} \\
 \text{P inf} & : \text{Beban P x Flow rate} \\
 & : 8,952 \quad \text{mg/s} \\
 & : 0,77 \quad \text{kg/day}
 \end{aligned}$$

Dari keadaan diatas maka akan didapatkan sejumlah lumpur dalam proses sedimentasi, Jumlah lumpur dipengaruhi dengan nilai efisiensi sedimentasi, karena tidak dilakukan praktikum maka dilakukan 3 skenario diatas dengan efisiensi yang berbeda bawah-sedang-tinggi. Dimana dihasilkan seperti dibawah ini :

- Eff penurunan TSS :  $\text{TSS inf} \times \text{Eff. Removal}$

**Tabel 4.2.** Perbandingan 3 Variasi efisiensi penurunan TSS

Waste water	Removal Effisiensi		
	L	M	H
Penurunan TSS (kg)	9,67	11,6	12,57

- Eff penurunan BOD :  $\text{BOD inf} \times \text{Eff Removal}$

**Tabel 4.3.** Perbandingan 3 Variasi efisiensi penurunan BOD

Waste water	Removal Effisiensi		
	L	M	H
Penurunan BOD (kg)	7,25	8,46	9,7

- Eff penurunan COD :  $\text{COD inf} \times \text{Eff Removal}$

**Tabel 4.4.** Perbandingan 3 Variasi efisiensi penurunan COD

Waste water	Removal Effisiensi		
	L	M	H
Penurunan COD (kg)	8,41	9,81	11,22

- Eff penurunan N :  $N_{inf} \times \text{Eff Removal}$

**Tabel 4.5.** Perbandingan 3 Variasi efisiensi penurunan N

Waste water	Removal Effisiensi		
	L	M	H
Penurunan N (kg)	0,39	0,58	0,77

- Eff penurunan P :  $P_{inf} \times \text{Eff Removal}$

**Tabel 4.6.** Perbandingan 3 Variasi efisiensi penurunan P

Waste water	Removal Effisiensi		
	L	M	H
Penurunan P (kg)	0,08	0,12	0,15

Koefisien yield pada anaerobik  $Y = 0,03$  kg TSS, COD, N, P. Sehingga didapatkan berat endapan lumpur dari proses tersebut :

Berat endapan COD :  $\text{Penurunan COD} \times Y$

Berat endapan TSS :  $\text{Penurunan TSS} \times Y$

Berat endapan N :  $\text{Penurunan N} \times Y$

Berat endapan P :  $\text{Penurunan P} \times Y$

**Tabel 4.7.** Perbandingan berat endapan dari hasil variasi efisiensi

Berat endapan	Removal Effisiensi		
	L	M	H
COD (kg/hari)	0,25	0,29	0,3
TSS (kg/hari)	0,29	0,35	0,4
N (kg/hari)	0,012	0,02	0,023
P (kg/hari)	0,002	0,003	0,005
Total lumpur	0,554	0,663	0,728

Setelah dari proses sedimentasi maka selanjutnya limbah grey water ini akan masuk ke dalam proses Biofilter Anaerob-Aerob reactor. Dimana dalam spesifikasi ini ditentukan oleh volume dan beban limbah. Beban limbah mengalami penurunan karena proses sedimentasi tersebut.

**Tabel 4.8.** Perbandingan hasil kadar limbah setelah proses sedimentasi dengan 3 removal efisiensi

Beban Limbah	Kadar Limbah (mg/l)		
	L	M	H
BOD	175	162,5	150
COD	203	188,5	174
TSS	100	80,0	70
N	36	34,0	32
P	7,2	6,8	6,4

Keterangan :

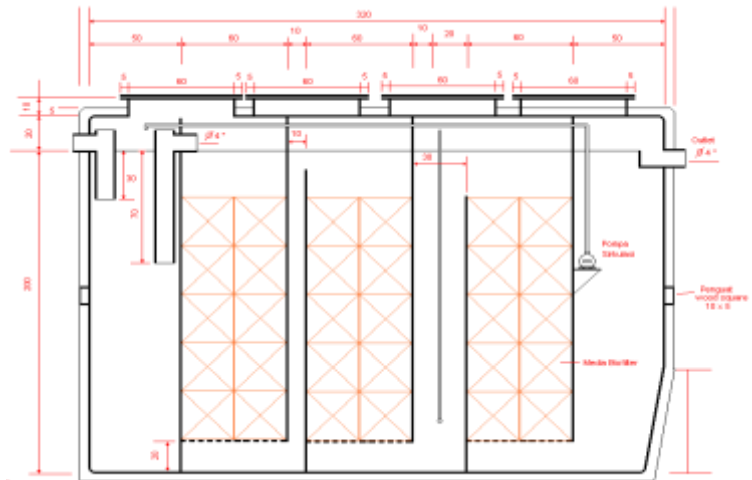
L : Low removal effisien

M : Medium removal efisien

H : High removal efisien

Diketahui volume limbah yang masuk ke dalam sistem ini sama dengan nilai limbah yang masuk ke dalam proses sedimentasi (holding tank), tetapi beban limbah mengalami degradasi karena proses sedimentasi tersebut, maka dilakukan pemilihan spesifikasi water treatment yang sudah ada dengan melihat debit limbah yaitu :

<b>Spesifikasi Alat :</b>	<b>Dimensi Biofilter Anaerob-aerob :</b>
Debit Air Limbah : 14.000 liter/hari	Panjang Efektif : 3,2 cm
Beban BOD : 3,50 kg BOD per hari	Lebar Efektif : 150 cm
BOD Inlet : 250 mg/l	Kedalaman efektif : 200 cm
BOD Outlet : 25 mg/l	Tinggi Ruang Bebas : 30 cm
Efisiensi Penghilangan BOD : 90 %	Total Volume Efektif : 14,1 m <sup>3</sup>
Terdiri dari dua buah bak : Bak Pengurai Awal dan Biofilter Anaerob-aerob	<u>Waktu Tinggal</u> rata-rata : 24 Jam
<b>Dimensi Bak Pengurai Awal :</b>	Diameter Inlet / Outlet : 4 "
Panjang Efektif : 150 cm	Volume Media <u>Biofilter</u> : 4,05 m <sup>3</sup>
Lebar Efektif : 150 cm	<u>Tipe media</u> : Media plastik sarang tawon.
Kedalaman efektif : 200 cm	Blower :
Tinggi Ruang Bebas : 30 cm	<u>Kapasitas</u> : 120 lt/menit
	<u>Daya Listrik</u> : 120 watt
	<u>Bahan Reaktor</u> : Fiberglass (FRP)



**Gambar 4.5.** Spesifikasi dimensi water treatment

*Sumber : PPT Teknik Lingkungan*

Dari spesifikasi tangki penampungan (*sedimentation tank*) diatas maka dapat diketahui volume dari limbah yaitu 96,69 m<sup>3</sup> jumlah water treatment yang digunakan yaitu 7 buah karena spesifcation treatment yang dipakai yaitu dengan debit 14000L/hari.

Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai kadar limbah yang dapat didegradasi dari sistem tersebut yaitu :

Diketahui debit limbah untuk tiap proses spesifikasi alat yaitu : 14000 l/day = 0,162 l/s

Nilai pembebanan unsur limbah tiap proses ABR

- BOD inf : Beban BOD x Flow rate

**Tabel 4.9.** Beban BOD tiap proses pengolah

Pada proses ABR	Removal Effisiensi		
	L	M	H
BOD inf (mg/s)	28,350	26,330	24,305
BOD inf (kg/hari)	2,450	2,275	2,100

- COD inf : Beban COD x Flow rate

**Tabel 4.10.** Beban COD tiap proses ABR

Pada proses ABR	Removal Effisiensi		
	L	M	H
COD inf (mg/s)	32,983	30,540	28,194
COD inf (kg/hari)	2,842	2,639	2,436

- TSSinf : Beban TSS x Flow rate

**Tabel 4.11.** Beban TSS tiap proses ABR

Pada proses ABR	Removal Effisiensi		
	L	M	H
TSS inf (mg/s)	16,203	12,960	11,342
TSS inf (kg/hari)	1,400	1,120	0,980

- Ninf : Beban N x Flow rate

**Tabel 4.12.** Beban N tiap proses ABR

Pada proses ABR	Removal Effisiensi		
	L	M	H
N inf (mg/s)	5,833	5,509	5,185
N inf (kg/hari)	0,504	0,476	0,448

- Pinf : Beban P x Flow rate

**Tabel 4.13.** Beban P tiap proses ABR

Pada proses ABR	Removal Effisiensi		
	L	M	H
P inf (mg/s)	1,167	1,108	1,037
P inf (kg/hari)	0,101	0,095	0,089

Nilai diatas adalah skenario beban yang dibawa oleh limbah pada masing-masing water treatment. Karena setelah proses ABR beban ini akan terdegradasi lagi dengan senario berbeda lagi, nilai degradasi limbah ini mengacu pada tabel degradasi sebelumnya. Sehingga dihasilkan jumlah kadar limbah yang terkandung setelah proses ABR yaitu (mg/l):

**Tabel 4.14.** Nilai kadar limbah setelah proses Biofilter  
Anaerob-aerob

Beban Limbah	Kadar Limbah (mg/l)		
	L	M	H
BOD	35	20,3	7,5
COD	41	28,3	17
TSS	30	16,0	7
N	9	6,8	4,8
P	0,7	0,7	0,7

Keterangan :

L : Low removal effisien

M : Medium removal effisien

H : High removal effisien



**Tabel 4.15.** Baku mutu air limbah domestik

Limbah	BM (mg/l)	Sumber
COD	50	Peraturan gubernur Jatim No.72/2013 (hlm 39)
BOD	30	Peraturan gubernur Jatim No.72/2013 (hlm 39)
TSS	50	Peraturan gubernur Jatim No.72/2013 (hlm 39)
N	30	Peraturan Menteri LH No.5 th 2014 (hlm 81)
P	1	PP No.82 tahun 2001 (lampiran halaman 1)

Setelah diketahui jumlah dan spesifikasi treatment yang telah ditentukan yaitu penentuan spesifikasi pompa, pipa dan penunjang lain untuk sistem pengolah *grey water* di KM. Labobar. Maka masih ada dihasilkan air olahan yang masih mengandung beberapa zat limbah, selanjutnya ditampunglah air hasil olahan untuk olahan lanjut, seperti UV, Klorinasi, Ozonisasi ataupun proses lainnya. Sehingga disediakan tangki untuk keperluan ini.

Tujuan dari klorinasi (pemberian kaporit/ klorin) adalah sebagai upaya sanitasi air minum yang dapat membunuh bakteri dan mikroorganisme lain yang mencemari air. Klorinasi dilakukan dengan cara memasukkan klorin sebanyak 3-5 ppm ke dalam air minum. Umumnya klorin dijual di pasaran dalam bentuk kaporit atau calcium hypochlorite ( $\text{CaOCl}_2$ ). Jika kaporitnya murni, untuk memperoleh kadar yang tepat dalam air minum dibutuhkan 6-10 gram kaporit tiap 1.000 liter air. Namun jika kaporit yang dimiliki hanya berkonsentrasi 50%, dosis kaporit yang

digunakan menjadi dua kali lipat, yaitu 12-20 gram tiap 1.000 liter air (Mulyantono dan Isman, 2008).

#### 4.4 Perhitungan blower untuk proses Aerob

Blower pada proses Aerob digunakan untuk mendegradasi BOD yang larut pada limbah dengan tujuan mendapatkan efisiensi yang lebih tinggi daripada proses anaerob saja. Kapasitas blower untuk spesifikasi per sistem yaitu :

##### 1. Menentukan nilai BOD Load

BOD load ditentukan dengan cara mengalikan nilai kandungan BOD dalam limbah dengan debit limbah tersebut (*Grey water*). Dari perhitungan sebelumnya sudah didapatkan nilai BOD yang masuk ke pengolah ABR ini. Jadi perhitungan BOD tergantung dari nilai BOD per waste treatment.

**Tabel 4.16.** perbandingan nilai BOD pada 3 efisiensi berbeda

Beban Limbah	Kadar Limbah/day		
	L	M	H
BOD inf	2,45 kg	2,275 kg	2,1 kg

Keterangan :

L : Low removal efisien

M : Medium removal efisien

H : High removal efisien

##### 2. Menentukan safety factor

Safety factor diambil dari data cemaran atau hasil analisa dari waste water. Jika mengandung ammonia ( $\text{NH}_4$ ) maka safety factornya adalah 4-6. Jika tidak

maka safety factornya adalah 1-2. Karena limbah *grey water* bukan limbah industri maka tidak mengandung ammonia. Safety factor diambil nilai 2.

3. Menentukan AOR (Actual Oxygen Requirement)

Cara menentukan nilai AOR yaitu mengalikan Safety Factor dengan nilai BOD Load

Maka nilai AOR :

**Tabel 4.17.** Perbandingan nilai AOR dengan variasi 3 pembebanan

Blower Spec.	Eff Removal		
	L	M	H
AOR	4,9	4,55	4,2

Keterangan :

L : Low removal effisien

M : Medium removal effisien

H : High removal effisien

4. Menentukan nilai SOTR (*Specification Oxygen Transfer Rate*)

Cara menentukannya yaitu dengan membagi nilai AOR dengan nilai faktor efisiensi transfer : 0.7

Maka nilai SOTR :

**Tabel 4.18.** Perbandingan nilai SOTR dengan variasi 3 pembebanan

Blower Spec.	Kadar BOD load/day		
	L	M	H
SOTR	7	6,5	6

Keterangan :

L : Low removal effisien

M : Medium removal effisien

H : High removal effisien

#### 5. Menghitung nilai Air Requirement

Cara menentukan nilai ini yaitu dengan mengalikan nilai SOTR dengan nilai Faktor Variabel : 14

Maka nilai Air Requirement yaitu :

**Tabel 4.19.** Perbandingan kebutuhan udara dengan variasi 3 pembebanan

Blower Spec.	Kadar BOD load/day		
	L	M	H
Air Req. (m <sup>3</sup> /day)	98	91	84
Air Req. (l/min)	68	63	58

Jadi spesifikasi dari blower adalah :

Merk : Medo Brand

Type : 60 L/min LA-608 (High Performance)

Power Cons. : 60 W/ 50 Hz

#### 4.5 Perhitungan spesifikasi Grease Trap

Grease trap yaitu komponen yang digunakan untuk menangkap lemak pada waste water. Komponen ini dipasang dengan memperhatikan spesifikasi flow rate yang ada pada grease trap :

Q : 4,0833 m<sup>3</sup>/jam

Q : 68 l/m

Spesifikasi dari grease trap yaitu :

Type : GT2700 – 20 (78 l/min)

Dim : 3" (A)

#### 4.6 Perhitungan Spesifikasi Dosing Pump

Dosing Pump atau Pompa Dosing berfungsi untuk menginjeksikan bahan kimia yang dibutuhkan untuk internal

water treatment. Pompa chemical ini harus dijaga agar beroperasi normal untuk memastikan bahan kimia terinjeksi sesuai dengan dosis.

Untuk menetralkan 1000 l air domestik yaitu dengan 6-10 gram, diambil nilai tetap 8 gram. Spesifikasi kaporit yaitu : 65 %, maka :

Untuk menetralsisir 1000 l air yaitu =  $100/65 \times 8 = 12,3$  gram  
Limbah per hari dari domestik yaitu 98000 l Jadi yang  
diperlukan per hari kaporit yaitu  $12,3 \times 98 = 1205,4$  gram.

Spesifikasi yang digunakan yaitu : 58x stroke/minute

Volume per menit yaitu :  $98000 : (24 \times 60) = 68,05 \text{ l}$

Kadar kaporit per menit :  $(68,05/1000) \times 12,3 = 0,837$   
gram

Kadar kaporit per stroke :  $0,837 / 58 = 0,014$   
gram

Dosing tank specification : 500 l

Flowrate dosing pump : 5,5 l/h

Kadar kaporit per jam :  $0,83 \times 60$  : 50,22 gram

Jadi pengisian tangki :  $500 \text{ l} / (5,5 \text{ l/h} \times 24) : 3,78 \text{ hari}$   
sekali

#### 4.7 Perhitungan spesifikasi pompa

Kapasitas pompa : 98 m<sup>3</sup>/hari  
: 4,083 m<sup>3</sup>/hari  
: 0,00113 m<sup>3</sup>/hari

Debit per sistem : 14 m<sup>3</sup>/hari  
: 0,583 m<sup>3</sup>/hari  
: 0,00016 m<sup>3</sup>/hari

**Branch pipe**

Asumsi nilai $v$	: 0,5	m/s
$Q$	: $A \times v$	
$A$	: 0,00032	m <sup>2</sup>
$D$	: 0,023	m
	: 20,3	mm

Diambil dari spesifikasi pipa maka diameter :

$D_{ou}$	: 34	mm
$D_{in}$	: 25	mm
Tebal	: 3,5	mm

**Main pipe**

Asumsi nilai $v$	: 0,5	m/s
$Q$	: $A \times v$	
$A$	: 0,00227	m <sup>2</sup>
$D$	: 0,058	m
	: 53,8	mm

Diambil dari spesifikasi pipa maka diameter :

$D_{ou}$	: 76,3	mm
$D_{in}$	: 65	mm

**Calculation of head (Holding tank to waste water)**

Calculation of head losses at suction pipe (Main pipe)

$D_{in}$	: 65	mm
Viscosity	: 0,76	cst on 32°C
$Rn$	: $(V_s \times D_s)/n$	: 42539,27
$So, f$	: 0,045	(Disesuaikan dengan grafik)

Head static	: 7	m
-------------	-----	---

Head pressure : 0 m

Head velocity : 0 m

Major losses (hf) :  $(f \times L \times v^2)/(D \times 2g)$

Pipe length : 8,5 m

Major losses : 0,075212

Minor losses

No	Type	N	k	N x k
1	Elbow 90'	1	1	1
2	T junction	1	1	1
3	Filter	1	1,5	1,5
4	Butterfly Valve	1	0,9	0,9
Total				4,4

Minor losses (hl) :  $k \text{ total} \times v^2/2g$

: 0,05624

Calculation of head losses at discharge pipe

Main pipe

D in : 65 mm

Viscosity : 0,76 cst on 32°C : 0,000000764

Rn :  $(Vs \times Ds)/n$  : 42539,27

So, f : 0,036 (Disesuaikan dengan grafik)

Major losses (hf) :  $(f \times L \times v^2)/(D \times 2g)$

Pipe length : 52 m

Major losses : 0,36809816

## Minor losses

No	Type	N	k	N x k
1	Elbow 90'	3	1	3
2	T junction	1	1	1
3	NRV	1	0,9	0,9
Total				4,9

Minor losses (hl) :  $k \text{ total} \times v^2/2g$

Minor losses (hl) : 0,0626

## Calculation of head losses at discharge pipe

## Branch pipe

D in : 25 mm

Viscosity : 0,76 cst on 32°C : 0,000000764

Rn :  $(Vs \times Ds)/n$  : 16361,26

So, f : 0,03 (Disesuaikan dengan grafik)

Major losses (hf) :  $(f \times L \times v^2)/(D \times 2g)$

Pipe length : 9,8 m

Major losses : 0,115030675

## Minor losses

No	Type	N	k	N x k
1	Elbow 90'	4	1	4
2	T junction	0	1	0
3	Butterfly valve	1	0,9	0,9
Total				4,9



Minor losses (hl) :  $k_{\text{total}} \times v^2/2g$

Minor losses (hl) : 0,0626

Calculation of total head :

Head total :  $H_s + H_v + H_p + H_{f1} + h_{l1} + h_{f2} + h_{l2}$

Head total : 7,7751 m

So spesification of pump

Q : 4,083  $\text{m}^3/\text{jam}$

H : 7,9651 m

### **Perhitungan pompa 2**

Kapasitas pompa : 98  $\text{m}^3/\text{hari}$

: 4,083  $\text{m}^3/\text{hari}$

: 0,00113  $\text{m}^3/\text{hari}$

Debit per sistem : 14  $\text{m}^3/\text{hari}$

: 0,583  $\text{m}^3/\text{hari}$

: 0,00016  $\text{m}^3/\text{hari}$

### **Branch pipe**

Asumsi nilai v : 0,5 m/s

Q :  $A \times v$

A : 0,00032  $\text{m}^2$

D : 0,023 m

: 20,3 mm

Diambil dari spesifikasi pipa maka diameter :

D<sub>ou</sub> : 34 mm

D<sub>in</sub> : 25 mm

### **Main pipe**

Asumsi nilai v : 0,5 m/s

$$\begin{aligned}
 Q &: A \times v \\
 A &: 0,00227 \quad \text{m}^2 \\
 D &: 0,058 \quad \text{m} \\
 &: 53,8 \quad \text{mm}
 \end{aligned}$$

Diambil dari spesifikasi pipa maka diameter :

$$\begin{aligned}
 D_{ou} &: 76,3 \quad \text{mm} \\
 D_{in} &: 65 \quad \text{mm}
 \end{aligned}$$

### Calculation of head (Waste water treatment to FW Tank)

Calculation of head losses at suction pipe (Branch pipe)

$$\begin{aligned}
 D_{in} &: 25 \quad \text{mm} \\
 \text{Viscosity} &: 0,76 \quad \text{cst on } 32^\circ\text{C} \quad : 0,000000764 \\
 Rn &: (V_s \times D_s)/\nu \quad : 16361,23 \\
 So, f &: 0,03 \quad (\text{Disesuaikan dengan grafik})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Head static} &: 2,6 \quad \text{m} \\
 \text{Head pressure} &: 0 \quad \text{m} \\
 \text{Head velocity} &: 0 \quad \text{m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Major losses (hf)} &: (f \times L \times v^2)/(D \times 2g) \\
 \text{Pipe length} &: 5 \quad \text{m} \\
 \text{Major losses} &: 0,11579755
 \end{aligned}$$

Minor losses

No	Type	N	k	N x k
1	Elbow 90'	2	1	2
2	T junction	1	1	1
4	Butterfly Valve	1	0,9	0,9

Total	3,9
-------	-----

Minor losses (hl) :  $k \text{ total} \times v^2/2g$   
: 0,004985

Calculation of head losses at suction pipe (Main pipe)

D in : 65 mm

Viscosity : 0,76 cst on 32°C : 0,000000764

Rn :  $(V_s \times D_s)/n$  : 42539,27

So, f : 0,036 (Disesuaikan dengan grafik)

Major losses (hf) :  $(f \times L \times v^2)/(D \times 2g)$

Pipe length : 17 m

Major losses : 0,12033978

Minor losses

No	Type	N	k	N x k
1	Elbow 90'	2	1	2
2	T junction	1	1	1
3	Filter	1	1,5	1,5
4	Butterfly valve	1	0,9	0,9
Total				5,4

Minor losses (hl) :  $k \text{ total} \times v^2/2g$

Minor losses (hl) : 0,0690

Calculation of head losses at discharge pipe (Main pipe)

D in : 65 mm

Viscosity : 0,76 cst on 32°C : 0,000000764

Rn :  $(V_s \times D_s)/n$  : 42539,27

So, f : 0,036 (Disesuaikan dengan grafik)

Major losses (hf) :  $(f \times L \times v^2)/(D \times 2g)$

Pipe length : 25 m

Major losses : 0,217697

Minor losses

No	Type	N	k	N x k
1	Elbow 90'	2	1	2
2	NRV	1	0,9	0,9
3	Butterfly valve	1	0,9	0,9
Total				3,8

Minor losses (hl) :  $k \text{ total} \times v^2/2g$

Minor losses (hl) : 0,0486

Calculation of total head :

Head total :  $H_s + H_v + H_p + H_{f1} + h_{l1} + h_{f2} + h_{l2}$

Head total : 3,1805 m

So spesification of pump

Q : 4,083 m<sup>3</sup>/jam

H : 3,2804 m

Perhitungan Overflow Pipe

Karena ada sejumlah volume yang terbuang dalam holding tank, maka harus dipasang overflow pipe

$D_{\min} = 1,25 \times D_{\text{filling}}$ , So  $D_{\min} = 1,25 \times 3.5'' = 4,375''$

(ABS 9.3.3)

## 4.8 Analisa dan Pembahasan Sistem

Setelah dilakukan perhitungan spesifikasi untuk sistem pengolahan limbah dan analisa di dalam KM. Labobar maka dapat di analisa berbagai komponen di dalamnya di kapal.

### 4.8.1 Holding tank

Diletakkan penambahan konstruksi tangki diatas *double bottom* yang kosong PS&SB pada frame 132-144. Hal ini dilakukan pertama karena terdapat ruangan kosong yang cocok digunakan untuk pembangunan tangki. Kemudian posisi ini yaitu dapat dialirkan air dari *grey water* berjalan secara gravitasi ke bawah untuk di tampung di *holding tank* ini. Selain sebagai proses penampungan holding tank yaitu digunakan dengan tujuan sedimentation tank untuk mengurangi kadar limbah secara bergantian antara PS&SB.

Tank Volume :  $96,69 \text{ m}^3/\text{Side}$

Jadi dari limbah yang dihasilkan per hari tidak dapat ditampung dan diolah secara keseluruhan, ada volume yang terbuang sebesar  $4,07 \text{ m}^3$  karena diperlukan permukaan yang bersentuhan dengan udara untuk membuat sedimentasi berjalan lebih efektif.

### 4.8.2 Pompa Limbah

Ada dua pompa untuk bekerja, Pompa 1 yaitu dari holding tank (Sedimentation tank) ke Waste Water Treatment. Pompa 2 dari Waste water treatment yang telah terolah ke tanki utama Fresh water tank. Peletakan pompa diletakkan didekat hoding tank.

Spesifikasi Pompa :

Type : Centrifugal Pump

Merk : EBARA

Type : 50x40 FSHA

Cap. : 5 m<sup>3</sup>/hour  
 Head : 10 m  
 Sealing : Gland Packing  
 Power : 0,5 KW/ 0,75HP/380 V/50 Hz

#### 4.8.3 Pipa Limbah

Pipa limbah digunakan sebagai media transfer sepanjang proses dalam pengolahan limbah *grey water* di kapal. Terdapat dua macam pipa, pipa utama dan pipa cabang ke water treatment. Pipa utama yaitu pipa yang digunakan sebagai transfer dari holding ke kombinasi biofilter anaerob-aerob, dimana nanti akan masuk melalui cabang-cabang ke pengolahan limbah tersebut yang berjumlah 7 buah pengolahan limbah *grey water* kombinasi biofilter anaerob-aerob. Ada juga pipa yang digunakan untuk overflow pipe yaitu karena untuk kondisi limbah melebihi sedimentation tank atau holding tank, maka air limbah dibuang melalui overboard.

##### Pipa utama

Type : Galvanis Steel  
 Merk : -  
 D in : 65 mm  
 Tebal : 4,2 mm  
 D out : 76,3 mm

##### Pipa cabang

Type : Galvanis Steel  
 Merk : -  
 D in : 25 mm  
 Tebal : 3,5 mm  
 D out : 34 mm

### Overflow Pipe

Type : Galvanis Steel

Merk : -

D in : 125 mm

Tebal : 5 mm

D out : 139,8 mm

### 5 Grease Trap

model/merk : GT2700-20

Flow rate : 15 L/min

Grease capacity : 4 kg

Weight : 10 kg

### 6 Dosing pump & Dosing tank spesification

Model : MS1A064A

Stroke length : 2 mm

Stroke/min : 58

Flowrate : 5,5 l/h

Max Pressure : 10 bar

Motor : 3Ph, 0,18 kW

Dosing tank : 500 l



**Gambar 4.6.** Dosing Pump

Sumber : [www.samrindustries.com](http://www.samrindustries.com)

- 7      Spesifikasi pengolahan limbah  
 Debit Air limbah : 14000 liter/hari  
 Beban BOD : 3,5 kg BOD/hari  
 Effisiensi BOD : 90%  
 Terdiri dari dua bak pengurai yaitu bak anaerob dan bak aerob  
 Dimensi biofilter anaerob - aerob :
- |                         |                              |
|-------------------------|------------------------------|
| Panjang efektif         | : 3200 m                     |
| Lebar efektif           | : 1500 mm                    |
| Kedalaman eff.          | : 2000 mm                    |
| Freeboard               | : 300 mm                     |
| Total volume efektif    | : 14,1 m <sup>3</sup>        |
| Waktu tinggal rata-rata | : 24 jam                     |
| Diameter inlet/outlet   | : 4 inch                     |
| Volume media biofilter  | : 4,05 m <sup>3</sup>        |
| Tipe media              | : Media plastik sarang tawon |
| Blower                  | :                            |
| Rated flow              | : 60 l/min                   |
| Power consum            | : 60 W/50 Hz                 |
| Weight                  | : 5 kg                       |
| Media Biofilter         | : Biofilter sarang tawon     |
| Material                | : PVC                        |
| Ketebalan               | : 0.2 mm                     |
| Dimensi                 | : 120x50x60 (p x l x t)      |
| Type                    | : Cross Flow                 |



#### 4.9 Analisa Ekonomi (Dalam Rupiah)

**Tabel 4.20.** Biaya Instalasi Sistem Pengolah Limbah

Komponen	Jumlah/ Satuan	Harga Satuan	Total
Pipa (D=65mm)	102,5 m	643000/6m	10931000
Pipa (D=25mm)	14,8 m	187000/6m	5610000
Pipa (D=125mm)	12,3 m	1611000/6m	4833000
Pipa (D=89mm)	48,9 m	1191000/6m	10719000
Pompa Limbah	2	5170000	10340000
Pengolah Limbah	7	7000000	49000000
Plat Tangki 1	10	8100000	81000000
Plat Tangki 2	4	8100000	32000000
Blower Aerasi	1	3120000	3120000
Grease Trap	1	1000000	1000000
Strainer	2	3458400	6916800
Butterfly valve	19	6864000	130416000
Non return valve	2	4250400	8500800
Pressure Indicator	2	308880	617760
Elbow 90°	14	2011548	28161672
Reducing Tee	4	3121668	12486672
Reducer	14	2008512	28119168
Dosing pump	1	3960000	3960000
Dosing tank	1	2500000	2500000
Fee Transfer	1	5101250	5101250
Desain	8%	424224126	363356250
Instalation	15%	424224126	68167968
Total investasi awal (Rp)			558977345

Untuk mengetahui instalasi dari sistem yang telah disusun membawa keuntungan atau kerugian yaitu dapat dianalisa secara ekonomi, yaitu melalui instalasi alat, biaya operasional serta menghitung penghematan yang dihasilkan

### Biaya Operasional (Kebutuhan listrik)/tahun

Untuk mengetahui berapa biaya yang harus dikeluarkan untuk mendukung berjalannya sistem yaitu dilakukan perhitungan biaya operasional sistem tersebut. Dimana biaya operasional ini antara lain biaya operasi sehari-hari, dan biaya maintenance yang harus dikeluarkan untuk pemeliharaan sistem.

**Tabel 4.21.** Biaya Kebutuhan Listrik

Komponen	Jumlah	Daya (kW)	Total Daya (kw)
Pompa Limbah	2	0,5	1
Dosing Pump	1	0,18	0,18
Blower	7	0,06	0,42
Jumlah Daya			1,6

Nilai kWh perhari yaitu : Total Daya x 24 Jam  
: 1,6 x 24 : 38,4 kWh

Harga /kWh : 1500

Biaya pengeluaran per tahun : Jumlah kWh per hari x Harga x 365  
: 38,4 x 1500 x 365  
: 21.024.000,-

### Operasional kebutuhan per tahun

**Tabel 4.22.** Pengeluaran operasional/tahun

Komponen	Jumlah	Biaya	Total
Kaporit	423 kg (24 buah)	350.000/buah	8.400.000
Honeycomb	21	2500000	52.500.000
Jumlah Biaya			60.900.000

Biaya komponen dan kebutuhan listrik per tahun yaitu : 81.924.000

**Tabel 4.23.** Biaya Maintenance

Maintenance tahun ke 1	5589773
Maintenance tahun ke 2	11179546
Maintenance tahun ke 3	16769320
Maintenance tahun ke 4	22359093
Maintenance tahun ke 5	22359093
Maintenance tahun ke 6	22359093
Maintenance tahun ke 7	22359093
Maintenance tahun ke 8	22359093
Maintenance tahun ke 9	22359093
Maintenance tahun ke 10	22359093

Biaya ini wajib dikeluarkan untuk menjaga atau merawat sistem agar dapat bekerja selalu optimal. Biaya ini diambil nilai 2-5% selama setiap tahunnya. Jika yang perlu dimaintenance jumlah dari komponen sedikit maka prosentase asumsi maintenance juga kecil.

Total biaya Operasional /tahun yaitu jumlah operasional keseluruhan ditambahkan jumlah maintenance.

**Tabel 4.24** Total Biaya Operasional

Tahun ke	Biaya Op.	Biaya Maint.	Totap Op.
Tahun ke 1	81.924.000	5589773	87513773
Tahun ke 2	83.562.480	11179546	94742026
Tahun ke 3	85.233.729	16769320	102003049
Tahun ke 4	86.938.404	22359093	109297498
Tahun ke 5	88.677.172	22359093	111036266
Tahun ke 6	90.450.715	22359093	112809809
Tahun ke 7	92.259.730	22359093	114618823
Tahun ke 8	94.104.924	22359093	1164644018
Tahun ke 9	95.987.023	22359093	118346116,9
Tahun ke 10	97.906.763	22359093	120265857

Total penghematan keperluan air bersih yaitu :

Diketahui jumlah air yang diperoleh tiap hari yaitu dengan kapasitas pengolahan 98 m<sup>3</sup>. Kapal ini mempunyai endurance selama 10 hari. Maka untuk pengisian air tawar di pelabuhan sangat berkurang sebanyak 980 m<sup>3</sup> dalam 10 hari.

**Tabel 4.25.** penghematan air tawar kapal

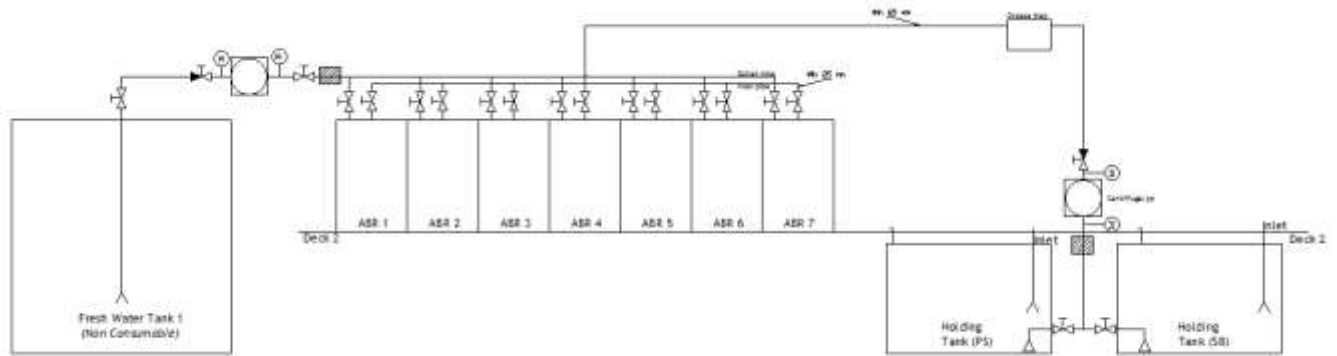
Penghematan dalam hari	Jumlah Air Olahan m <sup>3</sup>	Harga /m <sup>3</sup>	Total
10 hari	980	21000	20.580.000
1 bulan	2940	21000	61.740.000
1 tahun	35280	21000	740.880.000

Jumlah Keuntungan yang didapatkan dengan instalasi sistem tersebut :

**Tabel 4.26.** Nilai Pemasukan yang didapatkan

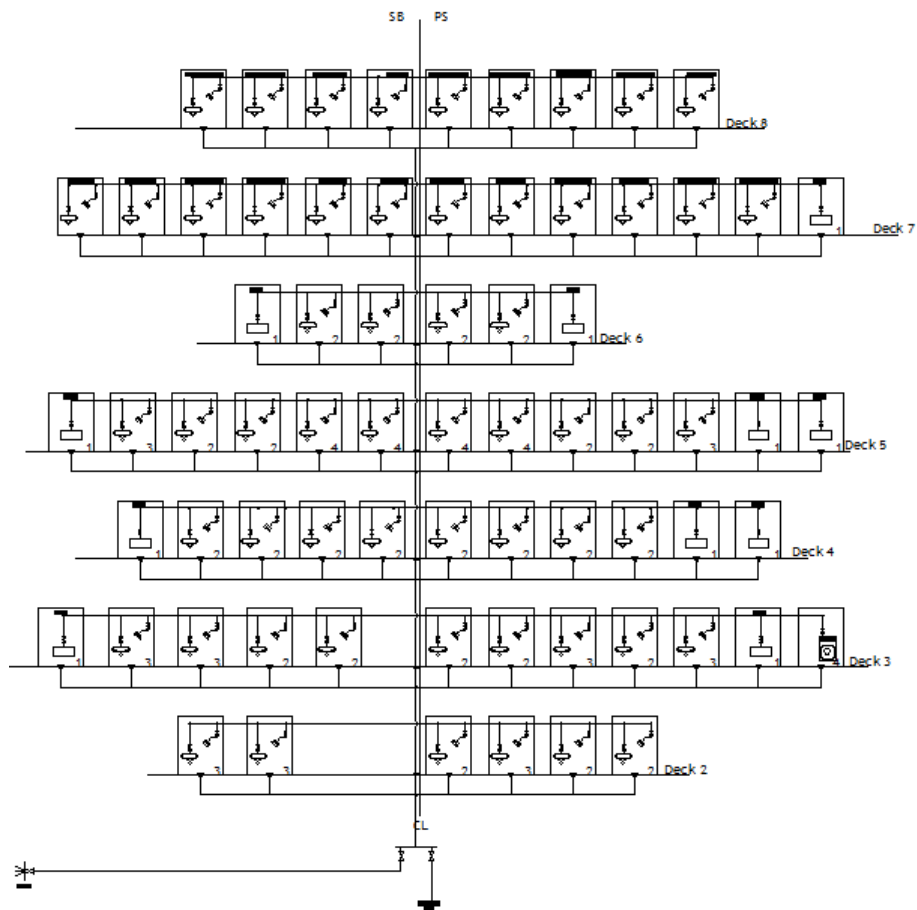
Tahun	Investasi	Total Op.	Pendapatan	Pemasukan
1	558.977.345	87513773	740.880.000	94.388.881
2		94742026	740.880.000	646.137.973
3		102003049	740.880.000	638.876.950
4		109297498	740.880.000	631.582.502
5		111036266	740.880.000	629.843.733
6		112809809	740.880.000	628.070.190
7		114618823	740.880.000	626.261.176
8		1164644018	740.880.000	624.415.981
9		118346116,9	740.880.000	622.533.883
10		120265857	740.880.000	620.614.142

Dari analisa ekonomi diatas dapat kita lihat bahwa dengan menginstal sistem pengolah limbah *grey water* pada KM. Labobar dapat menyimpan pengeluaran sangat tinggi per tahun. Tentu dalam kebutuhan kapal dapat digunakan sebagai operasional tambahan untuk memenuhi sistem lain.

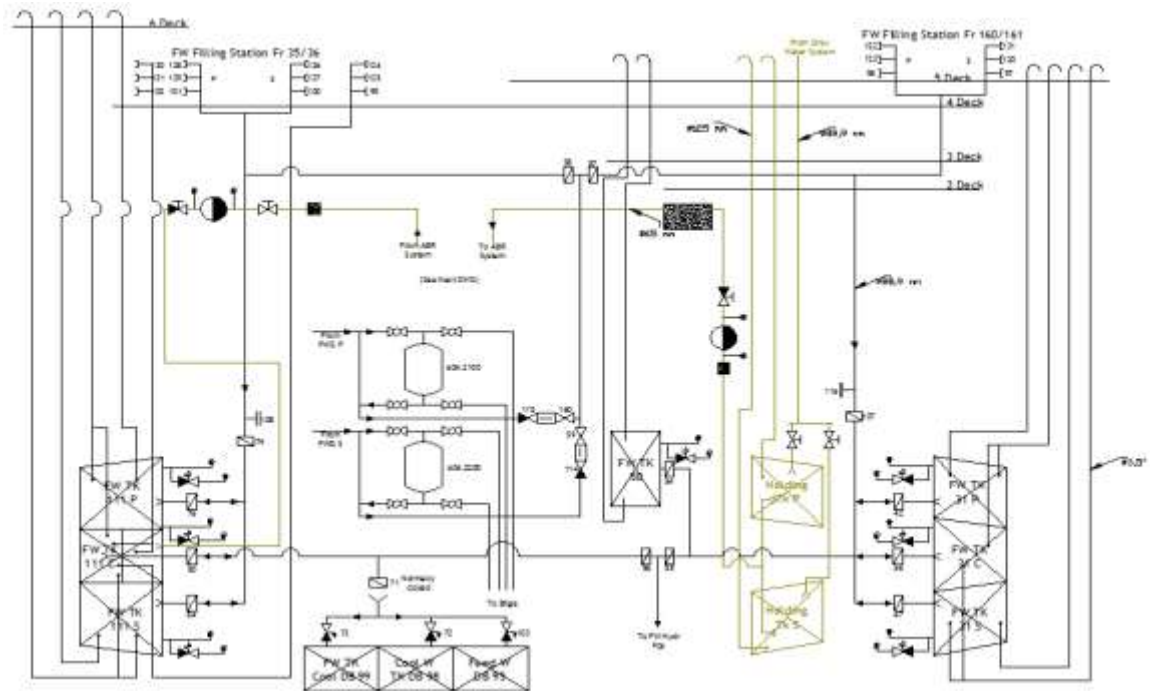


**Gambar 4.7.** Desain Sistem Water Treatment di KM Labobar

PW TK Cool DB 99	Cool W TK DB 98	Feed W DB 95
---------------------	--------------------	-----------------

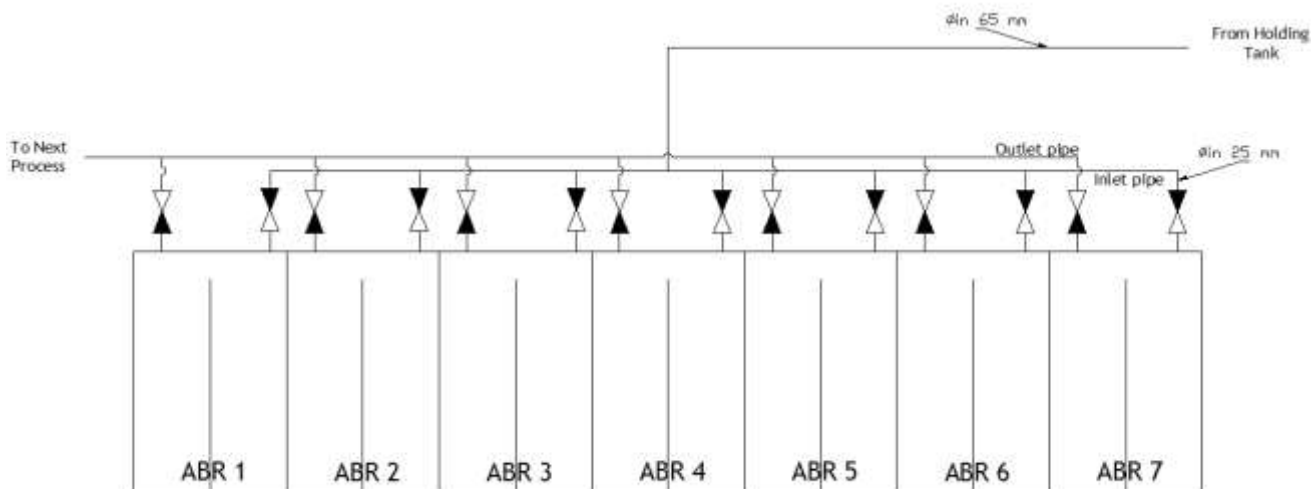


**Gambar 4.9** Grey Water Domestic System

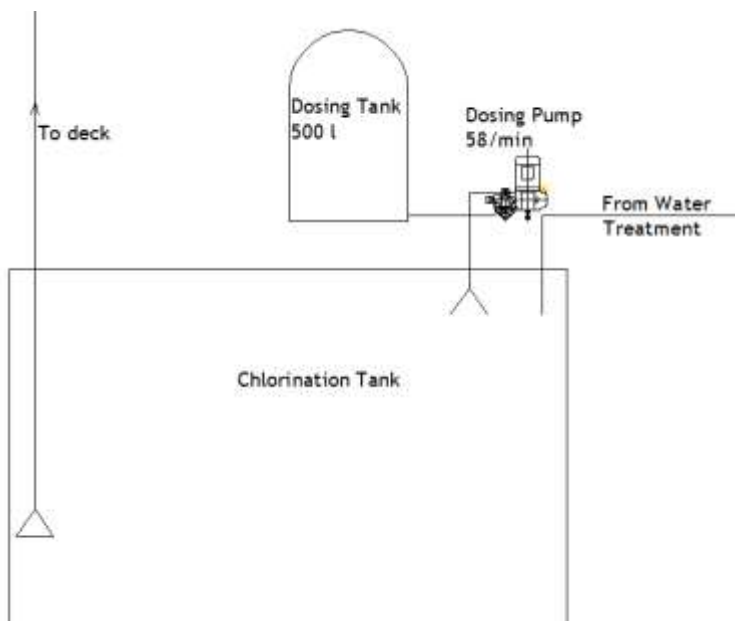


**Gambar 4.10** Gabungan Keyplan Pengolah Grey Water & Filling FW, Suction





**Gambar 4.11** Aliran Pipa Menuju Pengolah Limbah



**Gambar 4.12** Tangki klorinasi



## LAMPIRAN

### Perhitungan Kesetimbangan Massa

Proses Pengolahan	Efisiensi Removal (%)				
	BOD	COD	TSS	N	P
Sumur Pengumpul <sup>a</sup>	-	-	-	-	-
Bar Screen <sup>a</sup>	-	-	-	-	-
Grit Chamber	0-5 <sup>a</sup>	0-5 <sup>a</sup>	0-10 <sup>a</sup>	-	-
Bak Equalisasi	-	-	-	-	-
Sedimentasi I	30-40 <sup>b</sup>	30-40 <sup>b</sup>	50-65 <sup>b</sup>	10-20 <sup>b</sup>	10-20 <sup>b</sup>
Oxidation Ditch	80-95 <sup>b</sup>	80-90 <sup>b</sup>	70-90 <sup>b</sup>	75-85 <sup>b</sup>	90
Rotating Biological Contactor	96 <sup>e</sup>	85 <sup>f</sup>	95 <sup>g</sup>	97 <sup>h</sup>	-
Sequencing Batch Reaktor (SBR)	89-98 <sup>d</sup>	96 <sup>e</sup>	85-97 <sup>d</sup>	87 <sup>e</sup>	90 <sup>e</sup>
Bak Pengendap II (BP II)	-	-	-	-	-
Sludge Drying Bed (SDB) <sup>a</sup>	-	-	-	-	-
Nitrifikasi	80-95 <sup>b</sup>	80-90 <sup>b</sup>	70-90 <sup>b</sup>	75-85 <sup>b</sup>	-

Limbah	BM (mg/l)	Sumber
COD	50	Peraturan gubernur Jatim No.72/2013 (hlm 39)
BOD	30	Peraturan gubernur Jatim No.72/2013 (hlm 39)
TSS	50	Peraturan gubernur Jatim No.72/2013 (hlm 39)
N	30	Peraturan Menteri LH No.5 th 2014 (hlm 81)
P	1	PP No.82 tahun 2001 (lampiran halaman 1)

Karakteristik nilai air limbah :

pH : 6,5  
 COD : 290 mg/l  
 BOD : 250 mg/l  
 TSS : 200 mg/l  
 N : 40 mg/l  
 P : 8 mg/l

#### Proses Sedimentasi Efisiensi Rendah

1. Perhitungan nilai limbah setelah proses sedimentasi  
 TSS baru : TSS x Eff Removal

$$\begin{aligned}
 &: 200 \times (1-50\%) \\
 &: 100 \text{ mg/l} \\
 \text{COD baru} &: \text{COD} \times \text{Eff Removal} \\
 &: 290 \times (1-30\%) \\
 &: 203 \text{ mg/l} \\
 \text{BOD baru} &: \text{BOD} \times \text{Eff. Removal} \\
 &: 250 \times (1-30\%) \\
 &: 175 \text{ mg/l} \\
 \text{N baru} &: \text{N} \times \text{Eff. Removal} \\
 &: 40 \times (1-10\%) \\
 &: 36 \text{ mg/l} \\
 \text{P baru} &: \text{P} \times \text{Eff Removal} \\
 &: 8 \times (1-10\%) \\
 &: 7,2 \text{ mg/l}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan penurunan efisiensi limbah pada proses sedimentasi

$$\begin{aligned}
 \text{Effisiensi Penurunan TSS} &: \text{TSS inf} \times \text{Eff. Removal} \\
 &: 19,337 \text{ kg} \times 50\% \\
 &: 9,67 \text{ kg} \\
 \text{Effisiensi Penurunan BOD} &: \text{BOD inf} \times \text{Eff. Removal} \\
 &: 24,172 \text{ kg} \times 30\% \\
 &: 7,25 \text{ kg} \\
 \text{Effisiensi Penurunan COD} &: \text{COD inf} \times \text{Eff. Removal} \\
 &: 28,04 \text{ kg} \times 30\% \\
 &: 8,41 \text{ kg} \\
 \text{Effisiensi Penurunan N} &: \text{N inf} \times \text{Eff. Removal} \\
 &: 3,8675 \text{ kg} \times 10\% \\
 &: 0,39 \text{ kg} \\
 \text{Effisiensi Penurunan P} &: \text{P inf} \times \text{Eff. Removal} \\
 &: 0,77 \text{ kg} \times 10\% \\
 &: 0,08 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan endapan

Koefisien yield pada anaerobic  $Y = 0,03$  kg TSS, COD, N, P.  
 Sehingga didapatkan berat endapan lumpur dari proses tersebut :

Berat endapan COD	: Penurunan COD x Y
	: $8,41 \times 0,03$ kg
	: 0,25 kg/day
Berat endapan TSS	: Penurunan TSS x Y
	: $9,67 \times 0,03$ kg
	: 0,29 kg/day
Berat endapan N	: Penurunan N x Y
	: $0,39 \times 0,03$ kg
	: 0,012 kg/day
Berat endapan P	: Penurunan P x Y
	: $0,08 \times 0,03$ kg
	: 0,002 kg/day
Total yaitu	: 0,554 kg/day

4. Nilai pembebanan pada masing-masing sistem kombinasi biofilter anaerob-aerob

BOD inf	: Beban BOD x Flow rate
	: $175 \times 0,162$
	: 28,35 mg/s
	: 2,45 kg/hari
COD inf	: Beban COD x Flow rate
	: $203 \times 0,162$
	: 32,98 mg/s
	: 2,842 kg/hari
TSS inf	: Beban TSS x Flow rate
	: $100 \times 0,162$
	: 16,203 mg/s
	: 1,4 kg/hari
N inf	: Beban N x Flow rate
	: $36 \times 0,162$
	: 5,833 mg/s
	: 0,504 kg/hari

$P_{inf}$  : Beban P x Flow rate  
 :  $7,2 \times 0,162$   
 :  $1,167 \text{ mg/s}$   
 :  $0,101 \text{ kg/hari}$

5. Nilai kadar limbah setelah proses biofilter anaerob-aerob

BOD baru : BOD x Eff. Removal  
 :  $175 \times (1-80\%)$   
 :  $35 \text{ mg/l}$   
 COD baru : COD x Eff. Removal  
 :  $203 \times (1-80\%)$   
 :  $41 \text{ mg/l}$   
 TSS baru : TSS x Eff. Removal  
 :  $100 \times (1-70\%)$   
 :  $30 \text{ mg/l}$   
 N baru : N x Eff. Removal  
 :  $36 \times (1-75\%)$   
 :  $9 \text{ mg/l}$   
 P baru : P x Eff. Removal  
 :  $7,2 \times (1-90\%)$   
 :  $0,7 \text{ mg/l}$

6. Perhitungan blower untuk aerasi

a. Nilai BOD Load :  $2,45 \text{ kg}$   
 b. Safety factor :  $2$   
 c. AOR : BOD load x Safety factor  
 :  $2,45 \times 2$   
 :  $4,9$   
 d. SOTR : AOR/Efisiensi transfer (0,7)  
 e. SOTR :  $4,9/0,7$   
 :  $7$   
 f. Air Requirement : SOTR x Faktor Variabel (14)  
 :  $7 \times 14$   
 :  $98 \text{ m}^3/\text{day}$   
 :  $68 \text{ l/min}$

### Proses Sedimentasi Efisiensi Medium

1. Perhitungan nilai limbah setelah proses sedimentasi
  - TSS baru :  $\text{TSS} \times \text{Eff Removal}$   
 :  $200 \times (1-60\%)$   
 : 80 mg/l
  - COD baru :  $\text{COD} \times \text{Eff Removal}$   
 :  $290 \times (1-35\%)$   
 : 188,5 mg/l
  - BOD baru :  $\text{BOD} \times \text{Eff. Removal}$   
 :  $250 \times (1-35\%)$   
 : 162,5 mg/l
  - N baru :  $\text{N} \times \text{Eff. Removal}$   
 :  $40 \times (1-15\%)$   
 : 34 mg/l
  - P baru :  $\text{P} \times \text{Eff Removal}$   
 :  $8 \times (1-15\%)$   
 : 6,8 mg/l
  
2. Perhitungan penurunan efisiensi limbah pada proses sedimentasi
  - Effisiensi Penurunan TSS :  $\text{TSS inf} \times \text{Eff. Removal}$   
 :  $19,337 \text{ kg} \times 60\%$   
 : 11,6 kg
  - Effisiensi Penurunan BOD :  $\text{BOD inf} \times \text{Eff. Removal}$   
 :  $24,172 \text{ kg} \times 35\%$   
 : 8,46 kg
  - Effisiensi Penurunan COD :  $\text{COD inf} \times \text{Eff. Removal}$   
 :  $28,04 \text{ kg} \times 35\%$   
 : 9,81 kg
  - Effisiensi Penurunan N :  $\text{N inf} \times \text{Eff. Removal}$   
 :  $3,8675 \text{ kg} \times 15\%$   
 : 0,58 kg
  - Effisiensi Penurunan P :  $\text{P inf} \times \text{Eff. Removal}$   
 :  $0,77 \text{ kg} \times 15\%$   
 : 0,12 kg



3. Perhitungan endapan

Koefisien yield pada anaerobic  $Y = 0,03$  kg TSS, COD, N, P.  
Sehingga didapatkan berat endapan lumpur dari proses tersebut :

Berat endapan COD	: Penurunan COD x Y
	: $9,81 \times 0,03$ kg
	: 0,29 kg/day
Berat endapan TSS	: Penurunan TSS x Y
	: $11,6 \times 0,03$ kg
	: 0,35 kg/day
Berat endapan N	: Penurunan N x Y
	: $0,58 \times 0,03$ kg
	: 0,02 kg/day
Berat endapan P	: Penurunan P x Y
	: $0,12 \times 0,03$ kg
	: 0,003 kg/day
Total yaitu	: 0,663 kg/day

4. Nilai pembebanan pada masing-masing sistem kombinasi biofilter anaerob-aerob

BOD inf	: Beban BOD x Flow rate
	: $162,5 \times 0,162$
	: 26,33 mg/s
	: 2,275 kg/hari
COD inf	: Beban COD x Flow rate
	: $188,5 \times 0,162$
	: 30,54 mg/s
	: 2,639 kg/hari
TSS inf	: Beban TSS x Flow rate
	: $80 \times 0,162$
	: 12,96 mg/s
	: 1,12 kg/hari
N inf	: Beban N x Flow rate
	: $34 \times 0,162$

$: 5,509 \text{ mg/s}$   
 $: 0,476 \text{ kg/hari}$   
 P inf : Beban P x Flow rate  
 $: 6,8 \times 0,162$   
 $: 1,108 \text{ mg/s}$   
 $: 0,095 \text{ kg/hari}$

5. Nilai kadar limbah setelah proses biofilter anaerob-aerob

BOD baru : BOD x Eff. Removal  
 $: 162,5 \times (1-87,5\%)$   
 $: 20,3 \text{ mg/l}$   
 COD baru : COD x Eff. Removal  
 $: 188,5 \times (1-85\%)$   
 $: 28,3 \text{ mg/l}$   
 TSS baru : TSS x Eff. Removal  
 $: 80 \times (1-80\%)$   
 $: 16 \text{ mg/l}$   
 N baru : N x Eff. Removal  
 $: 34 \times (1-80\%)$   
 $: 6,8 \text{ mg/l}$   
 P baru : P x Eff. Removal  
 $: 6,8 \times (1-90\%)$   
 $: 0,7 \text{ mg/l}$

6. Perhitungan blower untuk aerasi

a. Nilai BOD Load :  $2,275 \text{ kg}$   
 b. Safety factor :  $2$   
 c. AOR : BOD load x Safety factor  
 $: 2,75 \times 2$   
 $: 4,55$   
 d. SOTR : AOR/Efisiensi transfer (0,7)  
 e. SOTR :  $4,55/0,7$   
 $: 6,5$   
 f. Air Requirement : SOTR x Faktor Variabel (14)  
 $: 6,5 \times 14$

: 91 m<sup>3</sup>/day

: 63 l/min

### **Proses Sedimentasi Efisiensi Tinggi**

1. Perhitungan nilai limbah setelah proses sedimentasi

TSS baru : TSS x Eff Removal

: 200 x (1-65%)

: 70 mg/l

COD baru : COD x Eff Removal

: 290 x (1-40%)

: 174 mg/l

BOD baru : BOD x Eff. Removal

: 250 x (1-40%)

: 150 mg/l

N baru : N x Eff. Removal

: 40 x (1-20%)

: 32 mg/l

P baru : P x Eff Removal

: 8 x (1-20%)

: 6,4 mg/l

2. Perhitungan penurunan efisiensi limbah pada proses sedimentasi

Effisiensi Penurunan TSS : TSS inf x Eff. Removal

: 19,337 kg x 65%

: 12,57 kg

Effisiensi Penurunan BOD : BOD inf x Eff. Removal

: 24,172 kg x 40%

: 9,7 kg

Effisiensi Penurunan COD : COD inf x Eff. Removal

: 28,04 kg x 40%

: 11,22 kg

Effisiensi Penurunan N : N inf x Eff. Removal

: 3,8675 kg x 20%

: 0,77 kg

Effisiensi Penurunan P :  $P_{inf} \times \text{Eff. Removal}$   
 :  $0,77 \text{ kg} \times 20\%$   
 :  $0,15 \text{ kg}$

3. Perhitungan endapan

Koefisien yield pada anaerobic  $Y = 0,03 \text{ kg TSS, COD, N, P.}$   
 Sehingga didapatkan berat endapan lumpur dari proses tersebut :

Berat endapan COD :  $\text{Penurunan COD} \times Y$   
 :  $11,22 \times 0,03 \text{ kg}$   
 :  $0,3 \text{ kg/day}$   
 Berat endapan TSS :  $\text{Penurunan TSS} \times Y$   
 :  $12,57 \times 0,03 \text{ kg}$   
 :  $0,4 \text{ kg/day}$   
 Berat endapan N :  $\text{Penurunan N} \times Y$   
 :  $0,77 \times 0,03 \text{ kg}$   
 :  $0,023 \text{ kg/day}$   
 Berat endapan P :  $\text{Penurunan P} \times Y$   
 :  $0,15 \times 0,03 \text{ kg}$   
 :  $0,005 \text{ kg/day}$   
 Total yaitu :  $0,728 \text{ kg/day}$

4. Nilai pembebanan pada masing-masing sistem kombinasi biofilter anaerob-aerob

BOD inf :  $\text{Beban BOD} \times \text{Flow rate}$   
 :  $150 \times 0,162$   
 :  $24,305 \text{ mg/s}$   
 :  $2,1 \text{ kg/hari}$   
 COD inf :  $\text{Beban COD} \times \text{Flow rate}$   
 :  $174 \times 0,162$   
 :  $28,194 \text{ mg/s}$   
 :  $2,436 \text{ kg/hari}$   
 TSS inf :  $\text{Beban TSS} \times \text{Flow rate}$   
 :  $70 \times 0,162$   
 :  $11,342 \text{ mg/s}$

$$\begin{aligned}
 & : 0,98 \text{ kg/hari} \\
 \text{N inf} & : \text{Beban N} \times \text{Flow rate} \\
 & : 32 \times 0,162 \\
 & : 5,185 \text{ mg/s} \\
 & : 0,448 \text{ kg/hari} \\
 \text{P inf} & : \text{Beban P} \times \text{Flow rate} \\
 & : 6,4 \times 0,162 \\
 & : 1,037 \text{ mg/s} \\
 & : 0,089 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

5. Nilai kadar limbah setelah proses biofilter anaerob-aerob

$$\begin{aligned}
 \text{BOD baru} & : \text{BOD} \times \text{Eff. Removal} \\
 & : 150 \times (1-95\%) \\
 & : 7,5 \text{ mg/l} \\
 \text{COD baru} & : \text{COD} \times \text{Eff. Removal} \\
 & : 174 \times (1-90\%) \\
 & : 17 \text{ mg/l} \\
 \text{TSS baru} & : \text{TSS} \times \text{Eff. Removal} \\
 & : 70 \times (1-90\%) \\
 & : 7 \text{ mg/l} \\
 \text{N baru} & : \text{N} \times \text{Eff. Removal} \\
 & : 32 \times (1-85\%) \\
 & : 4,8 \text{ mg/l} \\
 \text{P baru} & : \text{P} \times \text{Eff. Removal} \\
 & : 6,4 \times (1-90\%) \\
 & : 0,7 \text{ mg/l}
 \end{aligned}$$

6. Perhitungan blower untuk aerasi

$$\begin{aligned}
 \text{a. Nilai BOD Load} & : 2,1 \text{ kg} \\
 \text{b. Safety factor} & : 2 \\
 \text{c. AOR} & : \text{BOD load} \times \text{Safety factor} \\
 & : 2,1 \times 2 \\
 & : 4,2 \\
 \text{d. SOTR} & : \text{AOR/Efisiensi transfer (0,7)} \\
 \text{e. SOTR} & : 4,2/0,7
 \end{aligned}$$

- f. Air Requirement : 6  
: SOTR x Faktor Variabel (14)  
: 6 x 14  
: 84 m<sup>3</sup>/day  
: 58 l/min

## Code Explanation of Fresh Water-, Filling-&Suction System

### Filling connection

67+120+121	Filling connection forward starboard
68+122+123	Filling connection forward portside
100+126+127	Filling connection after starboard
101+128+129	Filling connection after portside
67+120+121	Filling connection 1, FW Tk 111C starboard
67+120+121	Filling connection 1, FW Tk 111C portside

### Aggregates

604.2100,2200 Rehardening Filter

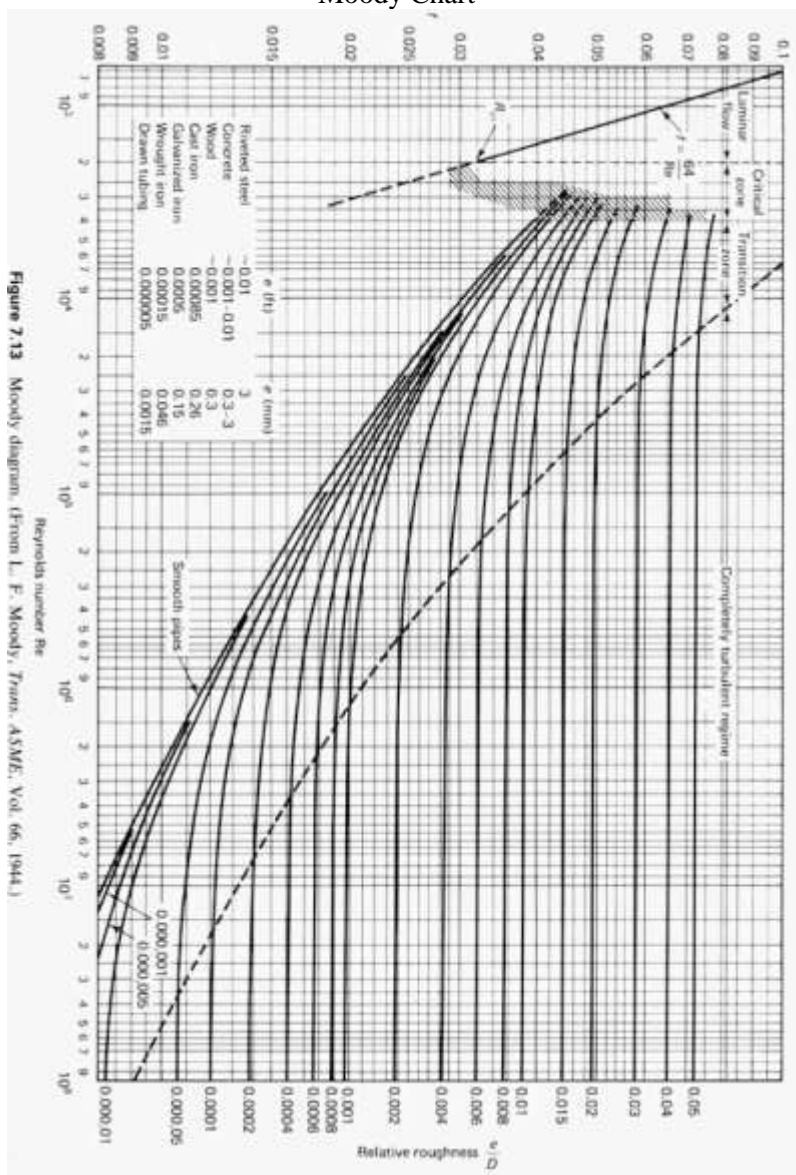
### Valves

17	Isolating filling FW tank 31
42	Isolating filling/suction FW Tank 31 P
46	Isolating filling/suction FW Tank 31 C
47	Isolating filling/suction FW Tank 31 S
54	Isolating filling/suction FW Tank 50
55	Isolating suction line FW Hydrofor pump from forward tank
56	Isolating suction line FW Hydrofor pump from forward tank
57	Isolating filling line FW generator to forward tank
58	Isolating filling line FW generator to after tank
59+114	Discharge from rehardening filter 604.2200
60+115	Discharge from rehardening filter 604.2100
71	FW to feed W tank, Cool W Tank or Fresh W Cool Tk
74	Isolating filling FW Tank 111
76	Isolating filling/suction FW Tank 111P
80	Isolating filling/suction FW Tank 111C
84	Isolating filling/suction FW Tank 111S





## Moody Chart



## New Tank Plan

